



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ENRIQUECIDOS CON MAÍZ DURO (*Zea mays*  
L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) EN LA  
GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA.”**

**Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario**

**AUTOR:**

Franklin Alexander Rojas Solano

**DIRECTORA:**

Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD

**Ibarra, 2023**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ENRIQUECIDOS CON MAÍZ DURO  
(*Zea mays L.*) PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS (*Pleurotus ostreatus*  
Jacq.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA.”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación como  
requisito parcial para obtener Título de:  
**INGENIERO/A AGROPECUARIO**

APROBADO:

Doris Salomé Chalampunte Flores, PhD  
**DIRECTOR**

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA

Luis Marcelo Albuja Illescas, MSc  
**MIEMBRO TRIBUNAL**

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA

Miguel Alejandro Gómez Cabezas, MSc  
**MIEMBRO TRIBUNAL**

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	2100457957		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Rojas Solano Franklin Alexander		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Urbanización Ecovida, Barrio Santa Lucia Del Retorno		
<b>EMAIL:</b>	farojass@utn.edu.ec		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	-----	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0981890273

DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ENRIQUECIDOS CON MAÍZ DURO ( <i>Zea mays</i> L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS ( <i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq). EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA”
<b>AUTOR:</b>	Rojas Solano Franklin Alexander
<b>FECHA DE APROBACIÓN:</b>	04 días del mes de agosto de 2023
<b>PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniero Agropecuario
<b>DIRECTOR:</b>	Ing. Doris Chalampunte, PhD

#### 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de agosto de 2023

**EL AUTOR:**

.....  
Rojas Solano Franklin Alexander

## CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Franklin Alexander Rojas Solano, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 04 días del mes de agosto del 2023

  
\_\_\_\_\_

Doris Chalampunte, PhD

DIRECTOR DE TESIS

---

**REGISTRO BIBLIOGRÁFICO****Guía:** FICAYA-UTN**Fecha:** Ibarra, a los 04 días del mes de agosto del 2023

**Franklin Alexander Rojas Solano:** "EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ENRIQUECIDOS CON MAÍZ DURO (*Zea mays* L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA." /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 04 días del mes de agosto del 2023. 68 páginas.

**DIRECTORA:** Ing. Doris Chalampunte, PhD

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar la producción de hongos *Pleurotus ostreatus* Jacq. en sustratos formulados a partir de maíz duro (*Zea mays* L.) en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura.

Entre los objetivos específicos se encuentran:

1. Comparar el tiempo de desarrollo del hongo en las dos fases de producción (incubación y fructificación) con los tratamientos en estudio.
2. Determinar la eficiencia biológica con base en el rendimiento de la producción de hongos *Pleurotus ostreatus* Jacq. a partir de los diferentes tratamientos.
3. Analizar los resultados económicos de la inclusión del maíz duro en la producción de hongos ostra.

  
.....

Doris Chalampunte, PhD

**Directora de Trabajo de Grado**  
.....

Franklin Alexander Rojas Solano

**Autor**

## AGRADECIMIENTO

*Principalmente a mi madre Doria Consuelo que en todo momento estuvo para mí, a mi padre Víctor Emilio y a mi hermana Jessenia por su apoyo incondicional; a la familia Obando Rojas por recibirme en su hogar todos estos años.*

*De igual manera quiero agradecer a todo el personal que conforma la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, en especial a Maricita que brindó su apoyo en todo el proceso.*

*“Gracias totales”*  
**-Gustavo Cerati**

## DEDICATORIA

*Dedicado para mis padres, hermanos y sobrinos, así mismo para todas las personas que creyeron y que no en este momento, esto es para vosotros.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN .....	XI
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Problema de investigación .....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 <i>Objetivo general</i> .....	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	4
1.5 Hipótesis o preguntas directrices.....	4
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1 Hongos dentro del sistema alimentario .....	5
2.2 Hongos macromicetos .....	5
2.2.1 <i>Ciclo de vida de los hongos macromicetos</i> .....	6
2.2.2 <i>Hongos macromicetos comestibles cultivables</i> .....	6
2.2.3 <i>Hongo ostra Pleurotus ostreatus Jacq.</i> .....	7
2.3 Factores que inciden en la producción de <i>Pleurotus spp.</i> .....	13
2.3.1 <i>Siembra</i> .....	13
2.3.2 <i>Inóculo</i> .....	14
2.3.3 <i>Sustratos</i> .....	15
2.3.4 <i>Aditivos nitrogenados</i> .....	15
2.3.5 <i>Etapas de producción</i> .....	16
2.3.6 <i>Factores que afectan el cultivo de hongos ostra</i> .....	19
2.3.7 <i>Costos de producción</i> .....	20
2.3.8 <i>Relación beneficio costo</i> .....	21
2.4 Eficiencia biológica.....	22
2.5 Marco Legal .....	23
<b>III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>	<b>24</b>
3.1 Descripción del área de estudio.....	24
3.1.1 <i>Ubicación</i> .....	24
3.2 Materiales .....	25

3.3 Métodos .....	25
3.3.1 Factores en estudio .....	25
3.3.2 Tratamientos.....	25
3.3.3 Diseño experimental.....	26
3.3.4 Características del experimento.....	26
3.3.5 Análisis estadístico.....	26
3.3.6 Variables evaluadas .....	27
3.4 Manejo del experimento .....	29
3.4.1 Áreas de producción.....	29
3.4.2 Recolección de materias primas .....	30
3.4.3 Semilla.....	30
3.4.4 Preparación de los sustratos.....	30
3.4.5 Pasteurización.....	31
3.4.6 Siembra o inoculación.....	31
3.4.7 Incubación.....	32
3.4.8 Fructificación.....	32
3.4.9 Cosecha.....	32
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	33
4.1 Tiempo de corrida del micelio (TCM) .....	33
4.2 Días a la formación de primordios (DFP) .....	34
4.3 Días a la cosecha (DC) .....	36
4.4 Rendimiento .....	37
4.5 Eficiencia biológica.....	39
4.6 Resultados económicos .....	40
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
5.1 Conclusiones .....	43
5.2 Recomendaciones .....	44
REFERENCIAS.....	45
ANEXOS .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Composición y contenidos de Pleurotus ostreatus Jacq. por cada 100 gramos.</i> ...	12
<b>Tabla 2</b> <i>Condiciones óptimas de crecimiento de Pleurotus spp.</i> .....	127
<b>Tabla 3</b> <i>Costos referenciales de producción para tamo de avena.</i> .....	1721
<b>Tabla 4</b> <i>Tratamientos de la experimentación.</i> .....	26
<b>Tabla 5</b> <i>Características de la bolsa de sustrato.</i> .....	26
<b>Tabla 6</b> <i>Esquema de ADEVA en Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA).</i> .....	27
<b>Tabla 7</b> <i>Análisis de varianza para el tiempo de corrida de micelio.</i> .....	33
<b>Tabla 8</b> <i>Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para corrida de micelio.</i> .....	33
<b>Tabla 9</b> <i>Análisis de varianza para la variable días a la formación de primordios.</i> .....	35
<b>Tabla 10</b> <i>Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para la variable días a la formación de primordios.</i> .....	35
<b>Tabla 11</b> <i>Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para días a la cosecha</i> .....	36
<b>Tabla 12</b> <i>Análisis de medias para días a la cosecha (LSD Fisher (Alfa=0.05)).</i> .....	36
<b>Tabla 13</b> <i>Clasificación de la cosecha según el tiempo (LSD Fisher (Alfa=0.05))</i> .....	37
<b>Tabla 14</b> <i>Análisis de varianza para la variable rendimiento.</i> .....	38
<b>Tabla 15</b> <i>Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para el rendimiento</i> .....	38
<b>Tabla 16</b> <i>Prueba LSD Fisher (Alfa=0,05) para eficiencia biológica</i> .....	39
<b>Tabla 17</b> <i>Análisis económico por cada tratamiento en la producción de hongos ostra.</i> .....	40

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1</b> <i>Cultivo de hongo ostra Pleurotus ostreatus Jacq.</i> .....	7
<b>Figura 2</b> <i>Características y morfología del Pleurotus ostreatus Jacq.</i> .....	9
<b>Figura 3</b> <i>Ciclo de vida general de los hongos macromicetos</i> .....	11
<b>Figura 4</b> <i>Ubicación del área experimental.</i> .....	24
<b>Figura 5</b> <i>Invasión micelial en la bolsa de sustrato.</i> .....	27
<b>Figura 6</b> <i>Formación de los cuerpos fructíferos o primordios.</i> .....	28
<b>Figura 7</b> <i>Hongos ostra en plena madurez reproductiva.</i> .....	28
<b>Figura 8</b> <i>Áreas por estapa para la producción de hongos ostra</i> .....	30
<b>Figura 9</b> <i>Tanque dentro del área de pasteurización.</i> .....	31
<b>Figura 10</b> <i>Producción del hongo ostra bajo distintos niveles de aditivo nitrogenado.</i> .....	41
<b>Figura 11</b> <i>Beneficio-Costo, ingresos y costo de producción del hongo ostra bajo distintos niveles de aditivo nitrogenado.</i> .....	42

**“EVALUACIÓN DE SUSTRATOS ENRIQUECIDOS CON MAÍZ DURO (*Zea mays* L.) PARA LA PRODUCCIÓN DE HONGOS (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) EN LA GRANJA EXPERIMENTAL LA PRADERA, CHALTURA”**

Franklin Alexander Rojas Solano  
Universidad Técnica del Norte  
Correo: farojass@utn.edu.ec

**RESUMEN**

Los rastrojos y subproductos de los cultivos generalmente terminan convirtiéndose en focos infecciosos en donde cupulan plagas y enfermedades, o en su defecto provocan amenazas medioambientales al generar incendios. En el presente estudio se valoró la eficacia de dos tipos de sustratos, tamo de avena y bagazo de caña, enriquecidos con un aditivo nitrogenado con porcentajes de 5%, 10% y 20%. Los objetivos que se plantearon fueron verificar la influencia del maíz molido como aditivo en el desarrollo del hongo ostra, además de analizar los resultados productivos y económicos, poniendo en consideración los costos de producción, el precio de mercado, los ingresos obtenidos y el indicador beneficio-costos. El ensayo estuvo compuesto por 48 bolsas, se implementaron ocho tratamientos en un diseño en bloques completos al azar. En la fase de miceliación los tratamientos que resultaron más eficientes fueron los que corresponden al bagazo de caña con el 10% de inclusión de maíz y el tamo de avena con inclusión del 5%, del mismo modo, para la fase de apareamiento de primordios el tratamiento con el mejor desempeño corresponde al bagazo de caña con el 10% del aditivo, seguido del tratamiento testigo de tamo de avena. En la valoración del tiempo que invierte cada tratamiento para llegar a cosecha nuevamente los registros confirman que el bagazo de caña con 10% de aditivo es el sustrato más eficiente puesto que tiene una media de cosecha de 50.06 días; Este panorama cambia cuando se evalúan las variables de cosecha, en donde el sustrato de tamo de avena con 5% de aditivo nitrogenado resultó ser más productivo, alcanzando 684 gr durante el ciclo, además los ingresos favorecieron al mismo, donde se obtuvo el mejor registro en el análisis económico, principalmente en el indicador beneficio-costos en donde alcanzo 1.27; siendo el recomendable para implementar en fases productivas.

**Palabras claves:** *Pleurotus*, hongos ostra, aditivo nitrogenado, sustratos lignocelulósicos, desarrollo miceliar

**“EVALUATION OF SUBSTRATES ENRICHED WITH HARD CORN (*Zea mays* L.) FOR THE PRODUCTION OF MUSHROOMS (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) AT THE PRADERA EXPERIMENTAL FARM, CHALTURA”**

**ABSTRACT**

Crop stubble and by-products generally end up becoming sources of infection where pests and diseases thrive, or failing that, they cause environmental threats by generating fires. In the present study, the efficacy of two types of substrates, oat chaff and sugarcane bagasse, enriched with a nitrogenous additive with percentages of 5%, 10% and 20%, was evaluated. The objectives that were raised were to verify the influence of ground corn as an additive in the development of the oyster mushroom, in addition to analyzing the productive and economic results, taking into consideration the production costs, the market price, the income obtained and the benefit indicator. -cost. The trial consisted of 48 bags, eight treatments were implemented in a randomized complete block design. In the myceliation phase, the treatments that were most efficient were those corresponding to sugarcane bagasse with 10% inclusion of corn and oat chaff with 5% inclusion, in the same way, for the primordia appearance phase, the treatment with the best performance corresponds to sugarcane bagasse with 10% of the additive, followed by the control treatment of oat chaff. In the assessment of the time that each treatment invests to reach harvest again, the records confirm that sugarcane bagasse with 10% additive is the most efficient substrate since it has an average harvest time of 50.06 days; This panorama changes when the harvest variables are evaluated, where the oat chaff substrate with 5% nitrogenous additive turned out to be more productive, reaching 684 gr during the cycle, in addition the income favored it, where the best record was obtained. in the economic analysis, mainly in the benefit-cost indicator where it reached 1.27; being recommended to implement in productive phases.

**Keywords:** *Pleurotus*, oyster mushrooms, nitrogenous additive, lignocellulosic substrates, mycelial development

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Los hongos superiores del género *Pleurotus*, han alcanzado un gran reconocimiento a nivel mundial debido a su demostrado potencial, tanto en la alimentación humana como en importantes aplicaciones biotecnológicas, ya que este tipo de hongos presentan moléculas con propiedades nutraceuticas, que se encargan de la descomposición de residuos lignocelulósicos de forma natural e incluso actúa de forma positiva en el medio ambiente actuando como biorremediador en zonas muy contaminadas de metales pesados (Bermúdez y García, 2019).

Gil y Pinzón (2012) mencionan que el hongo *Pleurotus ostreatus* Jacq. es el segundo hongo comestible más consumido en el continente europeo debido a sus agradables características organolépticas y nutraceuticas, una de las características más importantes de estos hongos ostra es que son saprófitos primarios, descomponedores de materia orgánica como; maderas, hojas y pajas en la naturaleza.

A nivel nutricional, los hongos comestibles tienen el doble de proteínas que los vegetales, contienen todos los aminoácidos esenciales y significativos en la nutrición humana, poseen gran cantidad de minerales y son bajos en calorías y carbohidratos; además, se caracterizan por sus óptimas propiedades medicinales de las cuales resaltan el retraso del crecimiento tumoral, reducen el colesterol en la sangre, tienen antioxidantes y sustancias inmunomoduladoras (Tapia, 2019). Además, Poppe (2005) de acuerdo a investigaciones realizadas demostró que 200g de hongos frescos pueden reemplazar de forma eficiente a 100 g de carne como fuente de proteína.

Por otro lado, mundialmente las producciones de setas han crecido más de 30 veces desde finales de los 70, en el año 2012 se tuvo un registro superior a 31 millones de toneladas, que generó 20 mil millones de dólares, siendo China el primer productor mundial representando más del 85% de la producción, mientras que los otros países tan solo cubren un poco más del 10% (Díaz et al, 2019). Así mismo, estas producciones toman un protagonismo en la región por su gran adaptabilidad gracias a nuestras características agroecológicas, en el procedimiento productivo contribuye un beneficio en la degradación de residuos de las explotaciones de cultivos que no son aprovechadas y llegan a causar contaminaciones (Pineda et al, 2019).

Varias investigaciones indican que estos hongos tienen la capacidad de crecer sobre sustratos muy económicos y de fácil acceso, que en su mayoría son residuos agrícolas, forestales y agroindustriales (Rosas y Herrera, 2003). De acuerdo con Poppe (2005) se recomienda para la producción de este tipo de hongos, el uso de material lignocelulósico no resinoso como sustrato principal de forma individual o en mezclas, no obstante, cabe recalcar que estas fuentes en su mayoría son carbonadas y están ausentes de dosis adecuadas de nitrógeno.

Por otro lado, Sánchez y Royse (2017) menciona que la relación C/N donde la fórmula del sustrato en torno al 90-95% de carbono y el nivel de nitrógeno en el rango 0.3-1.3%, es un

parámetro muy importante a considerar para el buen desarrollo del hongo, indicando además que el hongo ostra necesita de más carbono en comparación al nitrógeno.

No obstante, Cho (2005) indica que, aplicando la cantidad correcta de nitrógeno, los cuerpos fructíferos logran alcanzar un tamaño superior a los que son cultivados en deficiencia de este, estas formulaciones serán eficientes para que los productores puedan acceder y aplicar a su producción comercial, por lo tanto, se establece la importancia de las fuentes nitrogenadas como viables para obtener una notable cosecha, lo cual contribuye a un crecimiento económico para los fungicultores.

Cabe recalcar que la masa contenida en nitrógeno del sustrato debe comprender alrededor del intervalo 0.6-1.5% o menor a este, y la relación C/N percibida en un intervalo extenso de valores (30 a 300) (Viziteu, 2005). Por consiguiente, López y Hernández (2008) mencionan que debe considerar entre un 5 y 20% de aditivo nitrogenado orgánico, ya que en promedio su contenido se encuentra próximo al 1.3% de N.

## **1.2 Problema de investigación**

Las causas de la crisis alimentaria en el mundo no es un problema de producción sino de inequidad en el acceso y la distribución de los alimentos. Esto obliga a diseñar estrategias que permitan enfrentar el reto de la seguridad alimentaria, no sólo en cómo producir los alimentos sino cómo alcanzar mayor disponibilidad de recursos, Pérez et al. (2018). Ante lo mencionado es necesario diseñar nuevos modelos productivos, para lo cual, la producción de hongos comestibles se perfila como alternativa de bajo costo, por lo tanto, accesible.

En la actualidad, más de 70% de la población reside en la ciudad, consecuentemente, es necesario aumentar la producción alimenticia en un mismo rango 70%, pero esto no precisamente admitirá hacer frente a la demanda alimenticia de una urbe en constante crecimiento (World Summit on Food Security [WSFS], 2009). Es decir, la demanda de alimentos está superando a la oferta. Por tanto, se espera que la población en países subdesarrollados, 30% padezca más hambre y una mayor desnutrición. Por tanto, para reducir la brecha entre la demanda y la oferta será necesario apelar a la investigación científica, innovación y desarrollo tecnológico que permita producir alimentos de manera más sustentable, Pérez et al. (2018); por lo tanto, es imprescindible desarrollar nuevos modelos de producción con alternativas que ofrezcan alimentos altamente nutritivos y de gran calidad.

La obtención de setas comestibles en Ecuador dentro de las producciones nuevas y artesanales, tienen deficiencia en la aplicación de nutrientes en los distintos sustratos lignocelulósicos, utilizando como fuente directa de energía para el metabolismo del hongo, materias ricas en carbono, las cuales se consiguen de residuos vegetales ocasionados por las explotaciones agrícolas, forestales y agroindustriales, pero no cuentan con un importante equilibrio dentro de los requerimientos del hongo que es una adecuada fuente de nitrógeno (Ruilova y Hernández, 2014).

Dando como resultado cuerpos fructíferos con deficiencias de desarrollo y porcentajes altos de contaminación alrededor del 20% por patógenos en el sustrato invadido por su micelio, lo que interfiere en la madurez reproductiva del espécimen, o en sus mejores casos retrasa la

expansión micelial lo que conlleva tras tiempos en el apareamiento de primordios e incluso un bajo rendimiento; esto es consecuencia de obviar el nitrógeno entre sus nutrientes, que aunque se necesitan dosis bajas es vital en el desarrollo de fases importantes como lo son la inducción y fructificación de las setas *Pleurotus* (Salcedo et al., 2018).

Es necesario desarrollar mayor investigación dentro sistemas productivos con el fin de determinar una dosificación que brinde un buen desarrollo por ende cumplir con las expectativas del productor; además, de contrarrestar amenazas y problemas por contaminantes que afecten negativamente el sistema productivo, tales como el *Trichoderma* spp. o *Fusarium* spp. (Viziteu, 2005). Por tal sentido es necesario determinar la efectividad de nuevos sustratos que garanticen productividad enfocada en rentabilidad que cubra las expectativas de los productores, también es importante solventar particularidades técnicas como aditivos u otros complementos que ayuden a la obtención de setas de mayor calidad.

### 1.3 Justificación

La necesidad de innovar en el ámbito productivo agrícola, requiere de la implementación de investigación puntual, principalmente para correcto aprovechamiento de los insumos disponibles, puesto que se ha demostrado que la producción de setas comestibles reviste de tecnología que se puede implementar a bajo costo; además, las materias primas que utilizan son rastrojos y subproductos que en muchos de los casos son descartados.

En los últimos años la tendencia de consumo se ha inclinado hacia alimentos de mayor valor nutricional con menor contenido de carbohidratos, dentro de los productos que ha ganado espacio en el mercado están las setas comestibles, principalmente las que se cultivan, entre los hongos más comerciales en Ecuador están los champiñones y los hongos ostra (Caiza, 2019).

La producción de hongos comestibles permite la valorización de los recursos locales rurales en pro del desarrollo territorial endógeno; constituyendo un elemento clave en la lucha contra la inseguridad alimentaria y la pobreza rural. Por tanto, su implementación impacta benéficamente los territorios rurales, (Rodríguez et al., 2018).

Entre los aspectos críticos para la producción del hongo ostra, los sustratos se perfilan con importancia preponderante, esto debido a que satisfacen las necesidades de crecimiento y fructificación de los hongos y permite resistir contra los competidores microbianos, para el cultivo de hongos normalmente estos sustratos contienen fuentes de N orgánico y son bajos en amonio libre, ya que el exceso puede inhibir el crecimiento o la fructificación de los organismos (Kües y Liu, 2000)

Por otro lado, Mata, Gaitán y Salmones (2020) consideran que es muy importante la aplicación de fuentes nitrogenadas en el sustrato para lograr rendimientos óptimos y mejorar la calidad de los hongos tanto en proteína como en su eficiencia biológica; Los hongos comestibles utilizan en pequeñas cantidades el nitrógeno presente en el sustrato para tener una buena inducción de los primordios cuando estos son estresados por el cambio ambiental, al pasar de la fase de incubación hacia la fase de fructificación

Con el propósito de mejorar los rendimientos de producción, la eficiencia biológica y generar biomasa de gran calidad y bajo costo se ha planteado utilizar el maíz molido como fuente de nitrógeno, ya que los hongos ostra requieren este elemento en dosificaciones bajas, siendo este material biológico de fácil acceso tanto comercial como económicamente.

Esta investigación está enfocada en compilar información relacionada a la suplementación de fuentes nitrogenadas orgánicas en los sustratos más utilizados dentro de la producción de hongos comestibles de la Sierra ecuatoriana, tales como; tamo de cereales, bagazo de maíz o caña de azúcar, de tal manera que se mejore el rendimiento. Se pretende obtener una relación del contenido de nitrógeno en base a la eficiencia biológica, aplicando como materia prima de la fuente nitrogenada al maíz molido.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar la producción de hongos *Pleurotus ostreatus* Jacq. en sustratos formulados a partir de maíz duro (*Zea mays* L.) en la Granja Experimental La Pradera, Chaltura.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Comparar el tiempo de desarrollo del hongo en las dos fases de producción (incubación y fructificación) con los tratamientos en estudio.
- Determinar la eficiencia biológica con base en el rendimiento de la producción de hongos *Pleurotus ostreatus* Jacq. a partir de los diferentes tratamientos.
- Analizar los resultados económicos de la inclusión del maíz duro en la producción de hongos ostra.

## **1.5 Hipótesis o preguntas directrices**

**Ho:** La aplicación de maíz molido como aditivo nitrogenado orgánico no influye en la producción de hongos ostra.

**Ha:** La aplicación de maíz molido como aditivo nitrogenado orgánico influye en la producción de hongos ostra.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Hongos dentro del sistema alimentario

Según Guzmán (1975), es necesario conocer la flora micológica de nuestro país, con el propósito de aprovecharla dentro de programas en manejo de recursos naturales y poder usar los hongos comestibles en la industrialización con fines alimenticios, farmacéuticos o en la química; el controlar los organismos como especies parásitas, destructoras o tóxicas, resulta de mucha utilidad ya que permite determinar los parámetros a utilizar en el cultivo como forma de evitar contaminaciones que mermen la producción

Los hongos han sido objeto de varios estudios desde el pasado siglo hasta la presente fecha, por expertos extranjeros, como consecuencia de esto se puede determinar qué muchas especies del país se hallen en múltiples herbarios del mundo con fines investigativos.

Sánchez y Royse (2017) señalan que las setas silvestres, las cultivadas y las empleadas en la medicina son las más grandes integrantes de la manufactura internacional, esta manufactura fue evaluada en más de 63 mil millones de dólares americanos, los comestibles significaron el 54%, los medicinales el 38% y finalmente los silvestre con un 8%.

Mientras tanto Buswell, Cai y Chang (1993) indican que la producción alrededor del mundo de setas destinadas a la alimentación ha crecido más de 30 veces a partir de 1978; el empleo de setas comestibles logró rebasar los 4.78 kg por individuo anualmente; -cinco géneros bordean alrededor del 85% de la demanda internacional; *Lentinula edodes* predomina con un 22% de la producción; siguiéndolo *Pleurotus* spp. y *Auricularia* spp., que resaltan con 19% y 18% respectivamente; *Agaricus bisporus* se sitúa como cuarto con 15%.

Según Tan y Cao (2014) la producción de hongos alrededor del mundo se sitúa, mayoritariamente en el continente asiático; China es la potencia es el pionero con el 87% pertenecen a las especies: *P. ostreatus*, *P. cornucopiae* y *P. eryngii*; sus agencias profesionales han promovido técnicas agrícolas con condiciones y recursos eficientes para una óptima producción.

Mientras tanto, Yamanaka (2011) comenta que, en Japón el cultivo de hongos ostra tuvo un incremento de 200% desde finales de 1990 hasta el 2010; *Pleurotus eryngii* el aumento más significativo; sumando la producción europea y americana tan solo alcanzaron el 1% de la producción internacional.

### 2.2 Hongos macromicetos

Ortiz (2010) menciona que los macromicetos son un grupo de macrohongos diversos y de mucha importancia en la naturaleza, debido a su papel importante dentro del ciclo del carbono y en la degradación de materiales recalcitrantes, se componen de dos subdivisiones; los basidiomicetos y los ascomicetos, encontrándose primariamente en lugares donde exista material orgánico en descomposición y agua, a una temperatura promedio de 25 °C. Este tipo de hongos tienen un ciclo celular que involucra la formación de esporangios sexuales, en el caso de la subdivisión *Ascomicotina* son llamados Ascas, los cuales generan esporas conocidas como ascosporas.

Además, como Elsayed et al. (2014) señalan que estos hongos son considerados medicinales gracias al valor nutricional por su alto contenido de carbohidratos, proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales; además, son usados en la medicina por contener metabolitos secundarios como lectinas, compuestos fenólicos y polifenólicos, terpenoides, polisacáridos, entre otros.

Por otra parte, Ortiz (2010) sostiene que los hongos macromicetos presentan enzimas que poseen aplicaciones biológicas, como enzimas antioxidantes que son de gran importancia biotecnológica, pues estas últimas logran degradar compuestos aromáticos, una vez que el hongo las excreta logran crecer en presencia de un sustrato recalcitrante; este tipo de hongos son empleados en la industria y la medicina debido a sus componentes activos.

### **2.2.1 *Ciclo de vida de los hongos macromicetos***

Alexopoulos y Mims (1985) manifiestan que la reproducción es la formación de nuevos individuos que poseen todas las características típicas de la especie; como se había mencionado se conocen dos tipos de reproducción: la sexual y la asexual; la reproducción asexual, no se realiza con la unión de núcleos, de células sexuales ni de órganos sexuales; por otra parte, la reproducción sexual viene caracterizada por la unión de dos núcleos que dan vida a un nuevo espécimen.

Los autores antes citados también indican que la reproducción asexual es la más importante para la propagación de la especie, debido a que permite la producción de numerosos individuos, y, sobre todo, porque el ciclo asexual se repite varias veces al año, mientras que la fase sexual de muchos hongos se produce solo una vez al año o una vez cada cinco o diez años. Por otro lado, señalan que, la reproducción sexual tiene lugar mediante la unión de dos núcleos compatibles.

Alexopoulos y Mims (1985) concluyen el proceso de la reproducción sexual presenta típicamente tres fases distintas; la primera se denomina plasmogamia, que encierra dos núcleos haploides en una célula, la segunda fase es la cariogamia, que constituye la fusión de 4 de los dos núcleos, formando un núcleo diploide. Y la tercera y última fase es la meiosis, que reduce el número de 5 cromosomas en los núcleos hasta el estado haploide.

### **2.2.2 *Hongos macromicetos comestibles cultivables***

Stamets (1993) hace referencia que la siembra de hongos comestibles o setas es una técnica de bioconversión ecológica, debido a que los residuos agrícolas son transformados en alimentos energéticos en un proceso realizado por los microorganismos; este tipo de setas contienen un alto nivel de humedad, por lo general entre el 87 y 93% dependiendo de las condiciones al momento de la cosecha, los hongos frescos tienen entre el 2 a 4% de proteína en base húmeda y de 10.5 a un 30.5% en base seca, además, contienen al menos nueve aminoácidos esenciales como leucina y lisina, los cuales están ausentes en la totalidad de los cereales.

### 2.2.3 Hongo ostra *Pleurotus ostreatus* Jacq.

Es un hongo de podredumbre blanca perteneciente al grupo de los basidiomicetes, presenta un gran número de filamentos pluricelulares conocidas como hifas, las cuales forman el micelio, su forma de reproducción puede darse de manera asexual y sexual,

Urrutia (2019), expresa que el nombre científico es *Pleurotus* spp., perteneciente al subreino *Fungi* superior en la división *Basidiomycota*; el tamaño del hongo presenta dimensiones entre 5 y 15 cm en relación a su estadio; el sombrero del hongo posee una forma redondeada de superficie lisa en la parte superior, mientras que en la parte inferior presenta laminas en sentido vertical, el pie del hongo es corto, que puede crecer sobre un medio en sentido horizontal o en forma de repisas, como se indica en la (Figura 1).

#### Figura 1.

*Cultivo de hongo ostra Pleurotus ostreatus* Jacq.



#### 2.2.3.1 Generalidades del hongo ostra

Según Ramón y Ramón (2012) el hongo *Pleurotus ostreatus* Jacq. pertenece a la clase de los basidiomicetes, del orden de los *Himeniales*, es un hongo comestible, también llamados hongos superiores, son considerados hongos de pudrición blanca que facilitan la biodegradabilidad de los substratos lignocelulósicos en alimentos con un agradable sabor, también tiene la propiedad de producir importantes metabolitos que sirven para la nutrición y para ciertas terapias, a pesar de que es ajeno al proceso de fotosíntesis, este hongo conserva la proteína en un rango considerable de tiempo y espacio, incluso es superior a otras fuentes de proteína animal; la tecnología empleada para permitir el desarrollo de este hongo, es simple y se puede utilizar diversos substratos orgánicos, que pueden ser cosechados en regiones de clima tropical.

De igual importancia, Donoso (1999) concluye que los hongos ostra obtienen los compuestos ineludibles para su asimilación en el proceso de degradación que ejecutan a los compuestos desarrollados por lignina y celulosa, por lo cual es viable desplegar sobre madera o similares a este, a disconformidad de otros micelios que requieren que el sustrato del cual se van a nutrir esté en parte degradado.

No obstante, Ardón (2007) alude que, todos estos grupos de organismos constituyen parte del grupo de pudrición blanda y crecen sobre una gran variedad de desechos agrícolas,

reconoce seis especies lignícolas con las siguientes características; cuerpos fructíferos son solitarios o agrupados, macizos, carnosos en forma de concha o ménsula, el pie es céntrico o lateral, a menudo muy reducido o rudimentario, láminas decurrentes, esporada blanca lilácea.

### **2.2.3.2 Cultivos de hongo ostra**

Freire y Vásquez (2015) hacen referencia que este tipo de cultivo de hongos comestibles se dio por primera vez con un tipo de hongo macroscópico comestible llamado *Auricularia judae* en Asia específicamente en China en el año 600 de nuestra era; en el continente Europeo se cultivó champiñón por primera vez en Francia en el año 1650, en esta época inicia el cultivo comercial de este tipo de hongos, en 1852 apareció la idea de recoger trozos de “blanco de hongo” que es el micelio del champiñón y colocarlo en los hoyos donde se depositaban las semillas de melón para su germinación, con muy buenos resultados ya que el melón estaba protegiéndolo del sol y las lluvias por las grandes hojas que posee. En Alemania comenzó a practicarse la fungicultura a finales del siglo XIX teniendo en Renania el 50% de las instalaciones dedicadas al cultivo del champiñón.

De la misma forma, Freire y Vásquez (2015) manifiestan que investigaciones realizadas por Constantin y Matruchot en 1894 convirtieron la fungicultura en industria agraria pero siempre mantuvieron en secreto su método haciendo de esto un monopolio, hasta que en 1902 el estadounidense Ferguson publicó la descripción de las condiciones controladas para la germinación del champiñón dando fin al monopolio del mercado de cepas; Louis F. Lambert creó un laboratorio de cultivos puros en 1903 y sacó a la venta siete diferentes cepas de *Agaricus bisporus* para su venta a productores estadounidenses en 1907; en el año 1932, el entonces director del programa de investigación de hongos de la Universidad de Pensilvania patenta la elaboración de inóculo de grano convirtiendo hasta el momento al sudeste de Pensilvania en el mayor productor de hongos de Estados Unidos.

Por su parte, Nevárez (2012) expresa que el cultivo de este hongo ha tenido un desarrollo muy rápido alrededor de todo el mundo en especial en las últimas décadas, ya que tiene la capacidad de desarrollarse en una gran variedad de sustratos dándole una importancia adicional en el ámbito ecológico y ambiental, gracias al uso de residuos agroindustriales para su obtención, además, posee elevadas propiedades alimenticias y medicinales altamente beneficiosas para el hombre; en Ecuador el cultivo de este tipo de hongo surgió en el 2007 por pequeños productores amazónicos dentro de pequeñas instalaciones, ubicadas en la localidad de Sumaco, provincia de Napo.

### **2.2.3.3 Características del hongo ostra**

- El cuerpo de los hongos constituye principalmente de sombrero, pie reducido y láminas (Figura 2).
- Sombrero o píleo tiene forma de sombrilla, semicircular, su crecimiento se da en forma de una ostra, su color es muy variable puede ser; blanco crema, grisáceo, etc., su textura es tierna al centro y en sus bordes dura, emana fuertes aromas.
- Láminas o Himenios están dispuestas radialmente como las varillas del paraguas, van desde el pie o tallo que lo sostiene hasta el borde del mismo, son muy anchas y

espaciadas unas de otras, son de color blancas o beige, a veces bifurcadas y en ellas se originan las esporas consignadas a la reproducción de la especie.

- Pie o Estípite, es firme, blanco y algo peludo en la base, muy corto, algo lateral u oblicuo, ligeramente duro, con el principio de las laminillas en la parte superior.

**Figura 2.**

*Características y morfología del Pleurotus ostreatus Jacq.*



#### **2.2.3.4 Clasificación taxonómica del hongo *Pleurotus ostreatus* Jacq.**

En la naturaleza se encuentran varios reinos, en los cuales se dividen los diferentes organismos, dependiendo de sus características biológicas, los hongos pertenecen al reino *Fungi*, orden *Agaricales*, familia *Tricholomataceae*; son organismos heterótrofos, eucariotas y 36 de ellos son filamentosos, generalmente multicelulares; Los hongos ostra (*Pleurotus* spp.) hacen parte de este reino (Quizhpilema, 2013).

#### **2.2.3.5 Fisiología del hongo ostra**

Enríquez et al. (2012) enuncian que el hongo ostra *Pleurotus ostreatus* Jacq. requiere un rango de temperatura entre 20 y 28 °C, para desarrollarse y fructificarse, su humedad relativa oscila entre 60-80% y una intensidad lumínica de 400-200 lux, para una óptima producción.

Por otra parte, Martínez (2009) señala que, para el crecimiento de un buen hongo, es necesario que en el sustrato donde se desarrolla se encuentren las sustancias que necesita, como son fuentes de carbono y nitrógeno; además, de otros elementos como el fósforo o materiales que absorbe gracias a la degradación del sustrato en donde crece; los subproductos agrícolas empleados en el cultivo de hongos, están constituidos principalmente por celulosa (40-60%), hemicelulosa (15- 80%) y lignina (10-30%), de los cuales esta última, es la sustancia más difícil de digerir debido a su complejidad.

Además, Guzmán (1993) señala que el pH del sustrato es un parámetro muy importante para la nutrición del hongo, en general los hongos requieren sustratos con pH ligeramente

ácidos o neutros de 6-7, pudiendo ser controlado por medio de la adición de carbonato de calcio en proporción de 2 al 4%, por kg. de sustrato en el caso de subirlo, y para bajarlo es necesario aplicar sulfatos en la misma proporción.

#### **2.2.3.6 Morfología del hongo ostra**

Barbado (2003) explica que el sombrero de este hongo es redondeado, de superficie lisa, curvada y convexa, cuando es pequeña, va aplanándose poco a poco con su crecimiento, el borde este algo enrollado al principio y su diámetro oscila entre 5 y 15cm., el color es poco variable, va desde el gris claro o gris pizarra hasta el pardo, alcanzando una coloración amarillenta con el pasar del tiempo, puede crecer en forma aislada sobre una superficie horizontal o en grupo formando repisas laterales sobrepuestas sobre un lado de los árboles.

#### **2.2.3.7 Hábitat del hongo ostra**

Fernández, Ruilova y Hernández (2014) exponen que los hongos ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) crecen en el suelo, en troncos o sobre desechos agrícolas o agroindustriales, poseen celulosa, hemicelulosa y lignina en porcentaje de 40-60%, 15-50% y 10-30%, respectivamente; alimentándose de estos nutrientes y degradándolos a la vez, donde las condiciones ambientales sean húmedas y frías.

Por otro lado, OECD [Organization for Economic Cooperation and Development] (2005) alude que *Pleurotus ostreatus* Jacq. es un descomponedor de madera, hongo saprófito o parásito débil y está ampliamente distribuido en Europa, América, norte de África y Asia, en condiciones silvestres crece en troncos no resinosos y ramas de árboles de hojas anchas marchitas o debilitadas, en bosques de ribera, parques y jardines. Su crecimiento ocurre en la estación otoñal y en el inicio de la primavera, aunque en algunos sitios húmedos es posible encontrarlo en otras estaciones del año. Además, Varnero, Quiroz y Álvarez (2010) manifiestan que esta especie presenta una gran versatilidad y adaptación, tolera un rango amplio de temperaturas; además, presenta firmeza ante las plagas y enfermedades.

#### **2.2.3.8 Ciclo de vida del hongo ostra**

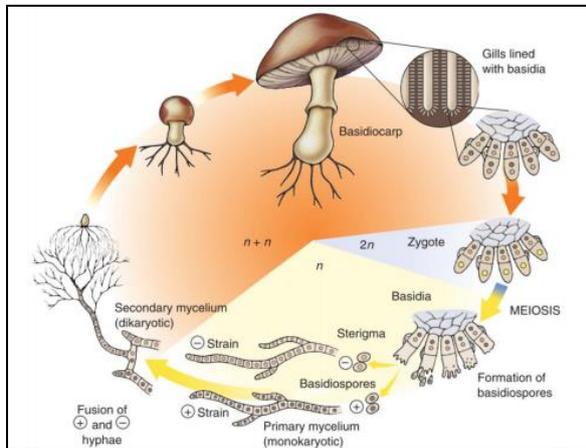
Según Albertó (2008) el estadio inicial de la fructificación es conocido como primordio, en esta fase son como pequeños alfileres donde la cabeza corresponde al futuro sombrero, en pocos días, el basidiocarpo va creciendo hasta llegar a la madurez, en este estadio de desarrollo se producen las esporas que son expulsadas por los extremos del basidio después de que ocurre una serie de fenómenos celulares, los dos núcleos que poseen las células del basidio se fusionan dando como producto un núcleo de complemento 2n y ocurre en forma inmediata la división meiótica; De este modo, las esporas resultantes son haploides (n).

Corroborando lo dicho por los autores anteriormente citados, cuando las condiciones son favorables, la espora germina y produce un tubo germinativo, la hifa crece, se ramifica y da origen al micelio, este micelio es monocarionte porque proviene de una espora (n) y por ello deberá aparearse con otro micelio (n) compatible, proveniente de otra espora de la misma especie; una vez que los micelios compatibles se unen, el resultado es un micelio dicarionte, técnicamente denominado (n + n), este micelio producirá nuevas fructificaciones cuando las

condiciones le sean favorables, es importante destacar que estas fructificaciones que se produzcan serán genéticamente diferentes al basidiocarpio que les dio origen (Figura 3).

### Figura 3.

#### Ciclo de vida general de los hongos macromicetos



Fuente: Raven y Johnson (2002).

#### 2.2.3.9 Ciclo reproductivo del hongo ostra

Galeon (2014) refiere que, los hongos se reproducen por medio de esporas, cuando las condiciones son favorables, germinando de ella una hifa, por cuya extensión y ramificación se va constituyendo un micelio, la velocidad de desarrollo de las hifas de un hongo es espectacular ya que en un hongo tropical que se incrementa 5 mm. por minuto.

Esta variedad de hongos es capaz de reproducirse tanto de forma asexual como sexual, las meiosporas tienen firmeza que les permite sobrevivir en las situaciones más hostiles, mientras que las esporas producidas asexualmente cumplen con todo el objetivo de propagar el hongo con la rapidez necesaria y con la mayor extensión posible; el micelio vegetativo no cumple con las funciones reproductivas, debido a su aspecto simple, ya que no es más que un conjunto de hifas colocadas sin orden; la fantasía creativa de los hongos se manifiesta sólo en la construcción de cuerpos fructíferos, los cuales, como indica el nombre, sirven para portar los esporangios que producen las esporas.

#### 2.2.3.10 Importancia de los hongos ostra en la alimentación y comercio

Guzmán (1989) hace referencia que, para realizar el cultivo de hongos comestibles, es preciso realizar investigaciones que destaquen la adaptación y mejoramiento de tecnologías para la explotación racional de recursos naturales ya que tienen mucho potencial; el cultivo de los hongos comestibles en la actualidad es una actividad que se desenvuelve en diversas regiones del mundo; en América Latina, existe especies que crecen de forma silvestre, de este grupo selecto se ha generado la tradición por el consumo de los hongos comestibles.

Por otra parte, Guzmán (1993) menciona que el cultivo de *Pleurotus ostreatus* Jacq. iniciado en Europa se ha ido extendiendo a Asia y E.U. y hace apenas unos años se ha dado en América Latina, México en 1974 inició su cultivo comercial, con cepas y tecnología europea, bajo el nombre comercial de "seta" *Pleurotus* spp., por su fácil adaptación, manejo y bajos

costos en el cultivo, este es el hongo actualmente más explotado comercial y paulatinamente, desplazándose a los mercados internacionales con otras especies competitivas; como el champiñón, el shiitake y otros.

Además, especialistas en el cultivo de hongos comestibles como Guzmán (1977) recomienda el empleo de cepas nativas de las regiones donde se piense implantar una técnica de cultivos de hongos, iniciando con el aislamiento y caracterización de la fase inicial de hongo, con el fin de evaluar su comportamiento para posteriormente realizar explotaciones comerciales intensivas, sin embargo, adaptar cepas y tecnologías de otras regiones del mundo a nuestros medios es realmente incosteable e innecesario.

### 2.2.3.11 Composición y propiedades nutricionales del hongo ostra

Los hongos comestibles constituyen una importante fuente de nutrientes y compuestos bioactivos, poseen el doble de contenido de proteína que la mayoría de los vegetales, teniendo muchos de ellos los nueve aminoácidos esenciales; además, son ricos en leucina y lisina, ausente en la mayoría de los cereales; *Pleurotus ostreatus* Jacq. no es la excepción, en la Tabla 1, se muestra la composición química de dicha seta, la cual, es importante por sus aportes proteicos y otros componentes de relevancia para el ser humano.

**Tabla 1.**

*Composición y contenidos de Pleurotus ostreatus Jacq. por cada 100 g*

Elemento	Valor
Agua	92.20%
Materia seca	7.80%
Cenizas	9.50%
Grasas	1.00%
Proteína bruta	39.00%
Fibra	7.50%
Fibra cruda	1.40%
Nitrógeno total	2.40%
Calcio	33.00 mg/100 g
Fósforo	1.35 mg/100 g
Potasio	37.93 mg/100 g
Hierro	15.20 mg/100 g
Ácido ascórbico (vitamina c)	90.00 - 144 mg/100 g
Tiamina (vitamina B1)	1.16 - 4.80 mg/100 g
Niacina (vitamina B5)	46.00 - 108.70 mg/100 g
Ácido Fólico	65.00 mg/100 g

**Fuente:** Mesa et al. (2000).

Buswell et al. (1993) indica que los hongos *Pleurotus ostreatus* Jacq. poseen cantidades no despreciables de minerales tales como K, P, Mg, Cu, Zn y Se, aventajando a la carne de pescado y vitaminas tales como, riboflavina, niacina, tiamina, ácido fólico y ácido ascórbico. Además, tienen bajas calorías y constituyen una buena fuente de fibras y carbohidratos. De acuerdo con Gil y otros (2010) podríamos ubicar al valor nutritivo de los hongos comestibles a la par de vegetales y las carnes.

A título personal se resume que el reconocimiento de *Pleurotus ostreatus* Jacq. como una fuente rica en proteína se ha equiparado con las del maíz, la leche y las legumbres juntas; que tienen un alto contenido proteico, dos veces más alto que la mayoría de los vegetales. Por otra parte, Silva y Rodríguez (2007) destacan que la composición nutricional varía dependiendo de la cepa, composición del sustrato y estado de desarrollo de los cuerpos fructíferos.

## **2.3 Factores que inciden en la producción de *Pleurotus* spp.**

### **2.3.1 Siembra**

- Características de la siembra

Para sembrar el hongo en el sustrato, la técnica manual en bolsas de plástico es la más usada por su simplicidad, escaso material y fácil ajuste a los ambientes. Para sembrar el hongo se requiere un área cerrada, higiénica, provista de una superficie con cubierta de fácil lavado, esterilizada con una solución de alcohol comercial de 90°. En el área esterilizada se coloca el sustrato vegetal anticipadamente pasteurizado y escurrido; la plantación se inicia cuando el sustrato se enfría a una temperatura alrededor de 30 °C; en diferentes bolsas de plástico transparentes, se procede a intercalar de forma manual capas alternas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea igual e impidiendo dejar áreas sin cubrir de semilla; aproximadamente de 150 a 250 g de inóculo se requieren para sembrar 5 kg (peso húmedo) de sustrato (Fuster Valls, 2007).

Sumado a esto, se manifiesta que el área de producción incluyendo sus elementos deben ser de fácil limpieza, se pueden usar varios sistemas; bolsas en estantes, bolsas colgantes o el uso de estacas, si hay alta humedad en la zona, a las muestras que pasan a producción se les puede quitar la bolsa de plástico para que todo el sustrato miceliado quede expuesto; pero si no es así, y para evitar la desecación de las muestras, se recomienda realizar perforaciones de mayor tamaño en dónde se presenten los primordios; inicialmente éstos son masas algodonosas que aparecen pocos días después de la transferencia de las bolsas al área de producción, ya con el tiempo se distarán en pequeñas protuberancias que salen del sustrato, el color de los primordios cambian dependiendo la variedad, los más comunes son blanquecino, rosa, café-grisáceo (Gaitán et al, 2006).

Por consecuencia, los primordios requieren en promedio una semana para llegar a ser hongos adultos y estarán listos para cosecharse cuando el sombrero se observe compacto, antes de que sus orillas se enrollen hacia arriba, la recolección de los hongos se ejecuta considerando el tamaño, para la cosecha se recomienda usar una navaja limpia y cortar el pie del hongo, evitando daños en el sustrato; la primera cosecha puede durar entre 1 y 3 días, posteriormente habrá un tiempo de receso de una a dos semanas para que se produzca el siguiente corte; en promedio y dependiendo de la variedad de hongo y sustrato, las bolsas de setas producen entre 2 a 4 cosechas, pero las más importantes son las dos primeras, ya que es donde se produce la mayor cantidad de fructificaciones (alrededor del 90%) (Gaitán et al., 2006).

- Recomendaciones para iniciar una producción de hongos ostra

Para iniciar la producción, las muestras pueden conservar la bolsa de plástico durante la primera cosecha, pero, para las subsecuentes es preferible utilizar nuevas bolsas, aunque las condiciones de humedad ambiental sean controladas, no todas las muestras se humedecen de

forma adecuada; por lo que, será necesario hacer riegos adicionales utilizando manguera con sifón y de preferencia con salida de agua muy fina (tipo bruma o vapor), con la finalidad de no dañar las muestras, si se cuenta con los recursos necesarios, se puede implementar un sistema de riego mediante tubería de cobre, que consiste en colocar en el techo pequeñas boquillas atomizadoras que provoquen un riego en forma de niebla y un ducto de plástico para favorecer la circulación de aire (Molina et al., 2005).

### 2.3.2 *Inóculo*

Para aumentar la competitividad primeramente se debe mejorar los rendimientos y la productividad, con miras a obtener una mayor cantidad de hongos, siendo uno de los procesos importantes la etapa de siembra, que consiste en mantener las condiciones adecuadas que eviten la contaminación del sustrato (Colavolpe et al., 2014).

Así mismo, Sinden (1971) enuncia que el inoculante es parte fundamental dentro de los procesos de siembra, distinguido generalmente como “semilla” o “blanco de hongo”; denominado “spawn” en inglés; este se prepara sembrando el micelio de la cepa sobre granos de cereal estériles, colocados en botellas o en bolsas, siendo esta una práctica muy difundida desde hace más de 80 años.

Smita (2011) explica que el inóculo líquido también se ha implementado en el cultivo de hongos, fundamentado en el cultivo en agitación de una muestra con fuentes de carbono, nitrógeno y sales. Samsudin y Abdullah (2013) produjeron basidiomas de *P. pulmonarius* usando inóculo líquido con buenos resultados; su poco empleo se debe a su engorroso almacenamiento y su tasa de contaminación.

Albertó (2008) revela que la mayoría de los cultivadores emplean en la siembra porcentajes de inoculación que van del 2 al 5%. De acuerdo a Stamets (2000) indica que el inóculo en grano puede ser sembrado en paja, aserrín, etc., entre el 3 y el 15% y para el uso de inóculo a base de aserrín recomienda 5 al 20%, siendo un costo considerable; Sánchez y Royse (2017) consideran que hay pocos estudios en inoculaciones superiores al 5%, sus porcentajes de inóculo fueron del 2.5 al 5%.

Sharma y Kumar (2011) indica que el inóculo comprende el micelio del hongo y un medio que provee nutrientes durante su crecimiento como trigo, sorgo etc., con la finalidad de obtener una notable cosecha, la preparación de un cultivo se elabora a partir de los tejidos o esporas que son mantenidos en un medio idóneo hará posible la multiplicación en granos esterilizados.

La producción de inóculo se realiza en dos etapas:

- Inóculo primario. - es la propagación del micelio en semillas a partir de una cepa.
- Inóculo secundario. - es la propagación del micelio en semillas a partir del inóculo primario, es decir, la multiplicación del micelio para disponer la siembra en sustratos.

Stamets (1993) describe que entre las condiciones para la propagación del micelio a este nivel tenemos una humedad relativa entre 90-100%, el crecimiento más rápido se obtiene

a una temperatura entre 25 y 28 °C, llegando a alcanzar la colonización completa del sustrato entre los 10 y 14 días, se sugiere una incubación en total oscuridad.

El cultivo y mantenimiento de basidiomicetos para la aplicación en los procesos de biorremediación y la elección de sustratos adecuados son fundamentales para un buen desarrollo de estos hongos, en la producción de inóculo se considera que esté listo para usarse cuando el sustrato esta visualmente colonizado (Ballaminut y Matheus, 2007).

### 2.3.3 *Sustratos*

Stamets (1993) señala que se ha manejado un conjunto de sustratos dirigido a la producción de hongos ostra, las materias primas más manipuladas como principio de carbono contienen; paja de trigo (*Triticum aestivum* L.), de avena (*Avena sativa* L.), de centeno (*Secale cereale* L. M.Bieb.), de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), de algodón (*Gossypium hirsutum* L.), virutas de madera y cortezas, heno, bagazo o tusa de maíz (*Zea mays* L.), plantas y cascara de café (*Coffea* spp.), hojas de té (*Camellia sinensis* L. Kuntze), cáscara de maní (*Arachis hypogaea* L.), harina de soya (*Glycine max* L. Merr.), residuos de girasol (*Helianthus annuus* L.), residuo de alcachofa (*Cynara scolymus* L.), residuo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), de agave (*Agave americana* L.), de industriales de papelería, hojas de plátano (*Musa paradisiaca* L.), fibra de coco (*Cocos nucifera* L.), paja y grano de arroz (*Oryza sativa* L.), bagazo de caña (*Saccharum officinarum* L.), entre otros.

Además, Chang y Miles (2004) destacan que también se pueden efectuar cultivos sobre bloques sintéticos, las preeminencias en el manejo de estos sustratos en lugar de la producción en troncos naturales, en que los lapsos de tiempo se reducen, por lo tanto, el rendimiento tiende a crecer, las eficiencias biológicas son superiores al 75% en bloques sintéticos, ya que conllevan un mejor tratamiento reduciendo el riesgo a contaminaciones.

### 2.3.4 *Aditivos Nitrogenados*

Se ha determinado que las necesidades de N son cubiertas por las proteínas y aminoácidos que se obtienen de la degradación química y biológica dentro de la materia prima empleada como aditivo nitrogenado orgánico; Algunas de estas materias incluyen a las harinas, estiércol o granos de la familia *Poaceae*, por ejemplo: sorgo, trigo y maíz.

Del mismo modo, los materiales lignocelulósicos en base a aditivos nitrogenados, volumétricamente se trabajan con la fórmula del sustrato en torno al 90-95% de carbono, el nivel de nitrógeno debe estar comprendido en el rango 0.3-1.3% (Sánchez y Royse, 2017). Acorde a ello López y Hernández (2008) aluden que el sustrato para *Pleurotus* spp. no puede considerarse acabado si no se toman en cuenta los aditivos o suplementos, que son materiales de enriquecimiento nitrogenado, suelen tener aproximadamente entre un 5 y 20%, su contenido en nitrógeno estar alrededor de 1.3%. Con frecuencia, la noción de suplementación se usa como sinónimo de aporte de fuentes orgánicas de nitrógeno (salvados, harinas proteicas), pero también se han registrado resultados interesantes con aportaciones de lípidos (materias grasas o aceites) y minerales (fósforo, calcio, oligoelementos).

Por otra parte, en ensayos realizados, se añadían sustancias al compost para el cultivo de setas, especialmente proteínas que pudieran ser absorbidas directamente por los hongos,

para incrementar el rendimiento de los cultivos; entre las sustancias más adecuadas para la suplementación destacan la harina de soja, de gluten de maíz y la proteína de patata desecada, entre las menos adecuadas están; el salvado de trigo, de semillas y la harina de girasol (Schisler y Sinden, 1966).

Además, Dewraj (2005) indica que los nutrientes presentes en las mezclas de sustrato influyen en la producción de setas, llegando a ser la materia que contienen N un factor principal; el salvado de arroz, el maíz y los restos del maní se utilizan a modo de suplemento de aditivos nitrogenados orgánicos, mientras que la urea y el sulfato de amonio, los aplican a manera de aditivos nitrogenados inorgánicos.

Así mismo, como fuentes nitrogenadas orgánicas se recomienda colocar en el sustrato: salvado de trigo, cebada, maíz; los cuales sugiere aplicar pequeñas cantidades alrededor del 2-10% en base al contenido de la bolsa; ya que una cantidad exagerada podría causar un acrecentamiento de la temperatura en la fase de incubación, derivando una muerte micelial; una buena suplementación con fuentes nitrogenadas apresurara la expansión del micelio (Viziteu, 2005).

Una de las metodologías para aplicar como fuente nitrogenada orgánica al maíz molido es la que probó Dewraj (2005), el cual menciona que para elaborar un sustrato rico en nutrientes para la producción de *Pleurotus* spp., se mezcla 80% de bagazo, 10% de minerales (cal, yeso) y 10% de maíz molido, este último suplemento proporcionara el N de manera orgánica, con un mínimo resultado de 25% de eficiencia biológica.

### 2.3.5 Etapas de producción

#### 2.3.5.1 Tiempo de corrida del micelio (TCM)

Sánchez y Mata (2012) mencionan que, sumergiendo el sustrato debidamente embolsado, dentro de un recipiente con agua caliente a una temperatura de 90 a 100°C, durante una hora, se elimina la mayor cantidad de microorganismos (bacterias, mohos, levaduras) que puedan competir con el hongo en el sustrato.

La Pasteurización es la técnica frecuente de tratamiento del sustrato para el cultivo de *Pleurotus*, y su intención es preparar dicho sustrato para un eficaz desarrollo del hongo. Este método se puede aplicar de dos formas:

- Pasteurización con vapor. Consiste en colocar el sustrato en un área cerrada, puede ser en un pequeño cuarto de concreto o un recipiente metálico, se le aplica vapor generado por una caldera eléctrica de diésel o gasolina por medio de tubos de cobre o mangueras resistentes al calor. Se recomienda que la temperatura alcance entre de 70-80 °C y que el sustrato se mantenga de 2 a 4 h. en esa condición.
- Pasteurización por inmersión en agua caliente. El sustrato se sumerge en agua caliente (75-80 °C) durante 1 h, una vez llevada a cabo una buena pasteurización del sustrato, éste estará listo para ser sembrado con la semilla o inóculo previamente preparado.

### 2.3.5.2 Incubación

Soto y Arias (2004) hacen referencia que la elección de un buen sustrato es la base para tener una buena producción, donde cualquier subproducto vegetal puede llegar a ser potencial. Sánchez y Mata (2012) manifiestan que la amplia gama de subproductos derivados de la industria agroforestal representa una oportunidad para optimizar estas explotaciones, sean artesanales o sofisticadas.

De igual importancia uno de los sustratos más utilizados para el cultivo de *Pleurotus*, está basado en los rastrojos de trigo. Además, Sánchez y Royse (2017) enuncian que durante todo el año es asequible encontrar este tipo de sustratos libre de factores que inhiban al hongo ya que retiene la humedad, resisten la compactación y, generalmente son aptos con fermentación aeróbica, pasteurización y esterilización térmica (González et al, 2001).

Conforme a Soto y Arias (2004) se indica que el método de tratamiento con agua caliente (MTAC) es el más artesanal, consiste en humedecer y pasteurizar el sustrato, pero este solubiliza los compuestos simples que se expondrán a contaminantes; para lograr una óptima pasteurización con el MTAC, el sustrato debe estar sumergido por 40 m en el agua a 85 °C.

Por otra parte, se describen que la esterilización del sustrato con altas temperaturas y presión, es muy eficaz en la prevención de contaminantes, pero, a la vez, eliminan la flora protectora (Sánchez y Mata, 2012). De acuerdo con el micelio puede mezclarse al voleo con el sustrato, o en capas alternadas, donde las cantidades varían entre 0,8 y 15% de semilla en base al peso húmedo (Sánchez y Royse, 2017).

Además, Rodríguez y Jaramillo (2005) mencionan que a las bolsas preparadas se le debe realizar perforaciones al azar y se ubican en incubación sobre estantes limpios, en oscuridad y con temperaturas de 25 a 28 °C; las bolsas se deben revisar en los siguientes días, donde se observará una masa blanquecina expandiéndose, hasta que el micelio cubra por completo el sustrato, este proceso demorará de 2 a 3 semanas.

Las exigencias ambientales para la etapa de incubación y fructificación de *Pleurotus ostreatus* Jacq.se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Condiciones óptimas de crecimiento de Pleurotus spp.*

Factores	Crecimiento del micelio	Fructificación
Temperatura	24 a 30 °C	15 a 18 °C
Luminosidad	Oscuridad	Luz indirecta, fotoperiodo de 12 horas
Humedad R.	30 a 40%	85 a 90%
Aireación	28% de CO <sub>2</sub> , 20 % de oxígeno en el ambiente	20% de Oxígeno y menos de 700 ppm de CO <sub>2</sub> en el ambiente.
pH	5-6	5-6

**Fuente:** Sánchez y Royse (2017).

### 2.3.5.3 Fructificación

Al finalizar la colonización del micelio se requiere modificar las condiciones ambientales que se tenían en la incubación, para inducir a la formación cuerpos fructíferos. Dichos factores varían de acuerdo a la especie que se cultive.

**Temperatura:** Se debe estimular la emisión de primordios, bajando la temperatura varios grados por debajo de la de incubación, en rangos promedios de 18 a 24 °C, dependiendo de la variedad de hongo a cultivar.

**Humedad relativa:** Este factor ambiental es el más importante en el desarrollo de las setas, debe controlarse diariamente por medio de un higrómetro, para determinar la necesidad de la aplicación del riego; estos valores de humedad deben encontrarse entre el 85 y el 95%.

**Riego:** La aplicación del agua al cultivo de setas depende de los registros diarios de la humedad del área de fructificación, debe tenerse en cuenta el aspecto de las setas y bolsas para evitar contaminaciones, el sistema de riego que se elija en el proceso de nebulización permitirá aumentar la humedad del ambiente al 95% sin causar daño a los cuerpos fructíferos. A los bloques se debe aplicar el riego diariamente con agua nebulizada, de igual forma, debe cubrirse el suelo con una película de 3cm<sup>3</sup> de agua para incrementar la humedad relativa del ambiente.

**Luz:** Es fundamental para inducir la formación de cuerpos fructíferos y la pigmentación del píleo, se requieren niveles de luz entre 100 a 200 lux durante 12 horas como mínimo; se debe tener en cuenta estos valores para el diseño de la infraestructura de fructificación, de tal manera que sea suficiente con la luz natural.

**Ventilación:** El diseño del área de fructificación debe contemplar un sistema de ventilación que permita facilitar la renovación del aire en el proceso de producción, para este fin se pueden utilizar equipos especializados, ductos de ventilación o ventanas, dependiendo de la densidad de siembra, de tal manera que se pueda renovar de 150 a 500 cm<sup>3</sup> de aire por tonelada de sustrato/hora, evitando la concentración de CO<sub>2</sub>, sin reseca el sustrato.

**Concentraciones de CO<sub>2</sub>:** Esta condición ambiental es un punto crítico dentro del proceso de producción, que afecta la formación del cuerpo fructífero, se controla con la renovación constante del aire en el área de fructificación, los niveles deben ser superiores a 500 ppm, ya que pueden ocasionar el alargamiento del estípite hasta inhibir la fructificación.

Para lograr la fructificación de hongos ostra se tiene el siguiente protocolo:

- Adecuar el área de fructificación, el día anterior al traslado de las bolsas miceliadas.
- Cuando el material esté completamente colonizado, de un color blanco intenso, se lleva a fructificar; debe evitarse que la bolsa miceliada se torne amarillenta, debido a que esto puede ser una evidencia de degeneración del micelio.
- Cuando se lleven los bloques a fructificación, se riega las bolsas miceliadas con agua en forma de neblina para inducir la formación de primordios.
- Los primordios aparecen entre los 3 y los 5 días después de llevar los bloques a fructificación.
- El punto de cosecha de las setas se logra cuando el sombrero esté casi plano.

- La cosecha puede hacerse manualmente mediante una torsión del estipe, o con tijeras cortando justo en la base del tallo, en la unión con el sustrato.
- Los hongos cosechados deben consumirse frescos o someterse a procesos de refrigeración, deshidratación o conservación para mantener su calidad.
- Después de la tercera cosecha o antes, si la producción es muy baja, se debe retirar los bloques y llevarlos al compost, para su transformación en abono.

#### 2.3.5.4 Cosecha

Se ejecuta durante los días 6 y 8 de la fructificación; poseen un buen tamaño si las setas alcanzan alrededor de 10 a 14 cm, por lo general, las 2 primeras cosechas serán las más grandes; si las setas se cosechan muy tiernas se espera que las siguientes cosechas sean de mayor tamaño (Flores y Contreras, 2017). Una forma de cosechar es, agarrar las setas manualmente desde su base y dar giros con la muñeca hasta sentir un desprendimiento, puede usarse un objeto cortopunzante con el que se limpia el pie y se corta las imperfecciones, los hongos recolectados se colocan en una canastilla cubriéndolos con un pañuelo o plástico, finalmente, se registran las cantidades de cada bolsa.

#### 2.3.6 Factores que afectan el cultivo de hongos ostra

Los principales factores que afectan la producción del hongo ostra, se consideran los siguientes:

- **Temperatura.** – Teniendo en cuenta el criterio de Ardón (2007) la temperatura afecta el metabolismo de las células; influye tanto en la capacidad enzimática del organismo, como en la fluidez de los lípidos de la membrana celular. Por otra parte, Zadrazil (1974) destaca que *Pleurotus ostreatus* Jacq. crece en un rango de 0 y 32 °C, pero los valores óptimos oscilan entre 26-28 °C; puede soportar 35 °C durante 24 horas y reiniciar su crecimiento; las temperaturas adecuadas para fructificación son alrededor de 23 °C, inferiores a las temperaturas de la etapa micelial.
- **Humedad.** – Como opina Ardón (2007) es un factor significativo para una adecuada fructificación, los cuerpos fructíferos están constituidos por una elevada cantidad de agua y su estructura hifal no retiene la humedad en circunstancias hostiles, es importante un equilibrio entre la humedad del ambiente y de la seta, se procura que la humedad relativa sea competente, evitando la deshidratación. Mientras tanto Albertó (2008) revela que la humedad ambiental en los recintos de producción, deben mantenerse por encima del 70% en la etapa de incubación; mientras en la etapa de inducción deben oscilar entre 85 y 92%.
- **La luz.** - Como afirma García (2007) la luz es preponderante en el desarrollo de los basidiocarpos, las especies del género *Pleurotus* presentan un fototropismo positivo, crecen en dirección a la luz; cuando es escasa los basidiocarpos se desarrollan con pies largos y un color blanquecino. Por otro lado, Ramón y Ramón (2012) refiere que la luz es importante y debe ser considerada en cantidad y calidad sobre todo en las etapas de fructificación, en el caso de *Pleurotus ostreatus* Jacq. es necesario exponerlo a un

fotoperiodo de 12 horas diarias con una intensidad de 500 lux aproximadamente seguido de un periodo de descanso de oscuridad.

- **El pH.** - Ramón y Ramón (2012) señala que el control del pH es muy importante en el crecimiento de los microorganismos, es un indicador para seleccionar el sustrato en donde se va a desarrollar el hongo, un pH ligeramente ácido se considera un medio idóneo para el desarrollo de estos hongos. Según Zadrazil (1974) para el crecimiento de *Pleurotus* spp. se marcan rangos de crecimiento entre 4 y 7 de pH; siendo un óptimo entre 5 y 6; dado que la mayoría de los contaminantes son más sensibles a los valores altos de pH que las especies de *Pleurotus*, actualmente al preparar el sustrato se eligen valores más altos que los óptimos. Por otra parte, Ardón (2007) destaca que el *Trichoderma hamatum* reduce notablemente su crecimiento en pH 7 y es totalmente inhibida a pH 8.5.
- **El carbono.** -Teniendo en cuenta el criterio de Ardón (2007) se determina que el carbono es necesario para los hongos porque es la fuente directa de energía requerido para su metabolismo y para la formación de las estructuras celulares; este elemento es el que requiere en mayores cantidades; puede ser utilizado a partir de fuentes como polímeros, carbohidratos, lípidos, etc.; se observó que después de cosechar los cuerpos fructíferos de *Pleurotus ostreatus* Jacq., las cantidades finales de hemicelulosa, celulosa y lignina se reducían en un 80%, los materiales que contengan los mencionados, pueden ser usados como sustratos.
- **Contaminantes:** Según Plana et al. (2006) señalan que, durante la producción del inóculo en el laboratorio, se detectaron colonias de otros hongos no deseados en bolsas con semillas sin inocular, en bolsas inoculadas y en canecas sembradas con el hongo; estas contaminaciones se hacen distinguibles por la gama de colores que presentan sus micelios desde el verde-azul, verde oliváceo, negro, hasta el naranja rosa; con relación al micelio blanco algodón del *Pleurotus ostreatus* Jacq. y blanco grisáceo de la *Volvariella volvacea*, por lo que se observa un contraste definido. Las cepas contaminantes más agresivas y conocidas que causan afectaciones sobre los sustratos de manera general en el cultivo de hongos comestibles son provocadas por *Trichoderma* spp., *Monilia* spp., *Fusarium* spp., *Trichothecium* spp., *Mucor* spp., *Aspergillus* spp., *Neurospora* spp. y *Coprinus* spp..

### 2.3.7 Costos de producción

La estimación del costo de producción y la rentabilidad del cultivo del hongo ostra puede hacerse por medio del cálculo de los gastos sumando las etapas de su producción, un cultivador puede comprar semilla o sustrato de otra empresa y solamente ocuparse de la producción de setas y del mercadeo, o bien, puede establecer una empresa integrada que tenga todas las facilidades necesarias para producir semilla, el sustrato, cultivar, procesar y vender los hongos (Ardón, 2007).

Según el caso, la inversión, los gastos de establecimiento y acondicionamiento de instalaciones en desuso, así como otros costos fijos y los costos variables diferirán en los dos

casos, en términos generales los costos fijos incluyen: sueldos; gastos administrativos, depreciación de la infraestructura, equipo y maquinaria; interés sobre el capital prestado, lo cual se dificulta analizar ya que los niveles productivos son realizados en condiciones artesanales, donde existe dependencia del suministro oportuno de semilla de calidad a precios razonables, por lo que constituye un aspecto que merece especial atención, puesto que puede convertirse en un factor limitante de cualquier esfuerzo de producción (Ardón, 2007).

**Tabla 3.**

*Costos referenciales de producción para tamo de avena*

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>Valor Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
Insumos costos variables				
Inoculo (semilla)	kg	2	29.07	58.15
Sustrato paja de avena	kg	20	5.09	101.76
Bolsas plásticas	unidad	1	3.63	3.63
Gas	unidad	2	3.78	7.56
Alcohol	unidad	2	1.74	3.49
Peróxido de hidrogeno	unidad	2	2.76	5.52
Hidróxido de calcio	unidad	1	5.09	5.09
Complementos	unidad	1	29.07	29.07
Luz	kWh	90	9.59	863.47
Agua	m3	18	25.88	465.75
Transporte	unidad	1	5.81	5.81
Mano de obra			0.00	0.00
Desinfección de invernadero	unidad	1	14.54	14.54
Preparación de sustrato	unidad	3	21.80	65.41
Incubación e inducción	unidad	2	14.54	29.07
Control de plagas	unidad	7	8.72	61.05
<b>TOTAL VARIABLE</b>				<b>1719.39</b>

**Fuente:** Romero (2022).

En la Tabla 3 se puede observar los costos referenciales dentro de la producción de tamo de avena.

### **2.3.8 Relación beneficio costo**

Además del indicador económico favorable a partir de una eficiencia biológica aceptable, cabe analizar algunos otros indicadores de rendimiento que caracterizan al este sistema de producción Dentro de los aspectos económicos relacionados a la producción de hongos ostra destaca la relación beneficio/costo, la cual establece el provecho de un proyecto por medio de la enumeración y valoración subsiguiente en términos monetario de todos los costos y beneficios derivados de forma directa o indirectamente del proyecto (Imbaquingo, 2012).

$$\text{Relación beneficio costo} = \text{Ingreso/Costo}$$

## 2.4 Eficiencia biológica

La eficiencia biológica (EB) nos brinda un dato con relación al peso del sustrato, que es un rasgo importante, que depende de la formulación como de la semilla, haciendo referencia a la valoración de una cepa de hongo con el fin de originar setas en los sustratos; La EB se enuncia en relaciones porcentuales y la forma de conseguirla es el peso fresco de las setas, dividido para el peso de la bolsa miceliada, por cien (Heredia y Palomo, 2019).

La definición general principalmente aceptada para EB es la determinación del grado de obtención de masa biológica fúngica sobre la base de la degradación biológica del sustrato; La EB se da a consecuencia especialmente de las particularidades físicoquímicas del sustrato con las fuentes nitrogenadas a aplicar (Ardón, 2007).

Desde el punto de vista de Ríos, Hoyos y Mosquera (2010) quienes comentan que la eficiencia biológica determina el potencial biológico de los sustratos para la producción de hongos; de acuerdo a los resultados obtenidos solo en 19 de las 30 formulaciones evaluadas hubo pérdidas de proceso, por tanto, los valores arrojados de eficiencia biológica media estuvieron por debajo del 40%, valor mínimo para ser considerado rentable.

Como afirma Cardona (2001) los bajos índices de eficiencia biológica se atribuyen al agotamiento de los nutrientes en el sustrato y a la forma en que cada semilla los asimila, así como la procedencia de la misma, factores que influyen directamente sobre la producción de muchos carpóforos; la semilla presenta un comportamiento homogéneo donde el número de los hongos cosechados no arrojaran diferencias estadísticamente significativas, obteniéndose de igual manera rendimientos bajos de acuerdo a la eficiencia biológica.

De igual manera, el rendimiento es un parámetro importante a considerar, ya que permite determinar la rentabilidad del cultivo, según Bermúdez et al. (2002) cree que en valores superiores al 15% de rendimiento de las setas se puede establecer como cultivo rentable.

Estudios demuestran que para la producción del hongo ostra, la eficiencia biológica obtenida con la utilización de sustratos a base de caña de azúcar es del 50% (Tarko y Sirna, 2018); En tanto que utilizando tamo de trigo obtenemos una eficiencia biológica de 35.88%, lo que demostraría que la degradación del sustrato a base de la gramínea se degenera más fácilmente (Girmay et al., 2016)

## 2.5 Marco Legal

Dentro de la Constitución de la República del Ecuador (2008) consta de carácter importante garantizar el derecho a la alimentación dentro de los siguientes artículos:

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado: 1. Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

Art.13.- Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria.

Además, el estado está adherido a los Objetivos de Desarrollo Sostenible también distinguidos como Objetivos Mundiales que fueron publicados con el propósito de que toda la población para el año 2030 gocen de paz y bienestar, así como también poner fin a la pobreza y proteger al planeta. Esta investigación guía abiertamente a desempeñar los siguientes objetivos:

Objetivo 2. Hambre cero: Poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria y la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible. El hambre cero es una pieza clave de la construcción de un futuro mejor para todos. Además, como el hambre frena el desarrollo humano, no podremos lograr los otros Objetivos de Desarrollo Sostenible, como la educación, la salud y la igualdad de género.

Objetivo 8. Trabajo decente y crecimiento económico: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos. El trabajo decente implica que todas las personas tengan oportunidades para realizar una actividad productiva que aporte un ingreso justo, seguridad en el lugar de trabajo y protección social para las familias; que ofrezca mejores perspectivas de desarrollo personal y favorezca la integración social.

Objetivo 12. Producción y consumo responsables: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Encontrar nuevas soluciones que ofrezcan modalidades de consumo y producción sostenibles redundando en interés de las empresas. Es preciso comprender mejor los efectos ambientales y sociales de los productos y servicios, tanto de los ciclos de vida de los productos como de la forma en que estos se ven afectados por su utilización en los estilos de vida.

### III. MARCO METODOLÓGICO

#### 1.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en La Granja Experimental La Pradera de la Universidad Técnica del Norte, la cual se encuentra en latitud Norte, en la parroquia de San José de Chaltura, perteneciente al cantón Antonio Ante, provincia de Imbabura, a una altitud de 2 340 m.s.n.m y con una temperatura promedio de 16 °C.

##### 3.1.1 Ubicación

La ubicación del área destinada (Figura 4), cuenta con los siguientes parámetros:

Provincia: Imbabura

Cantón: Antonio Ante

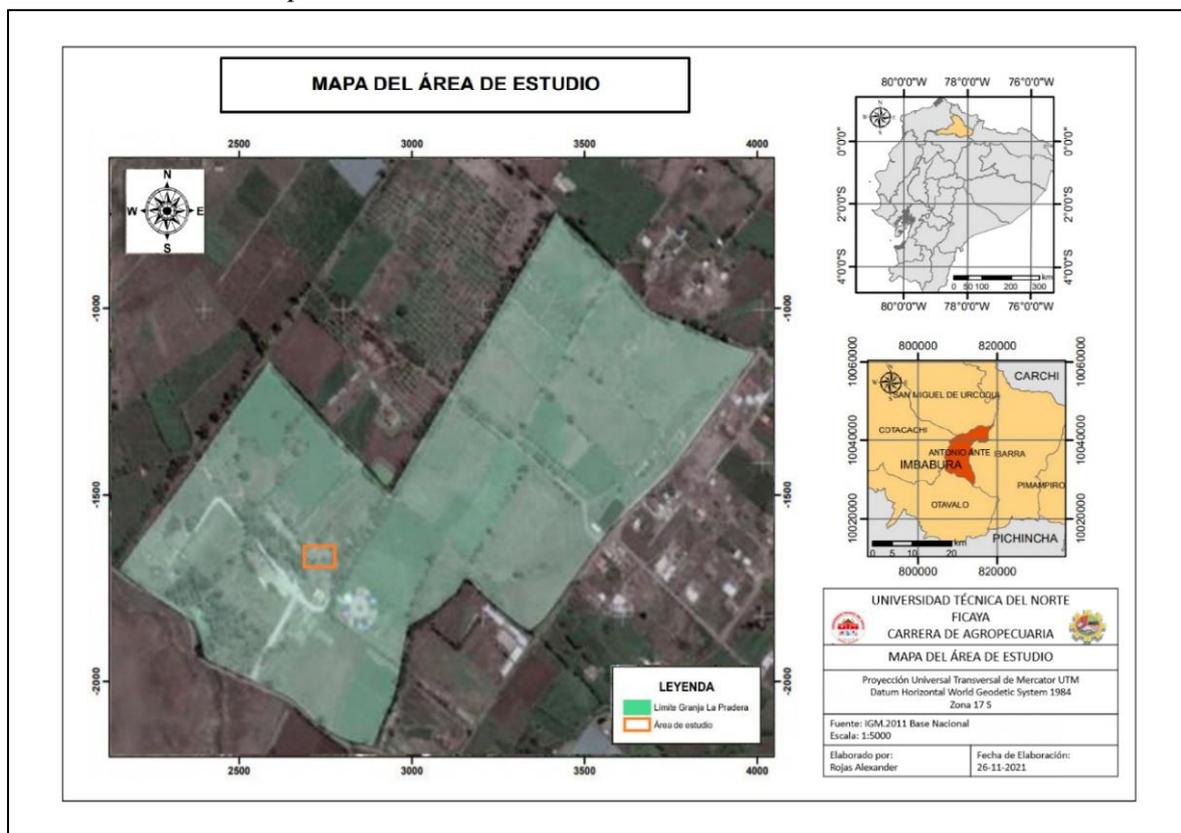
Parroquia: San José de Chaltura

Lugar: Granja Experimental “La Pradera”

Altitud: 2 340 m.s.n.m

**Figura 4.**

*Ubicación del área experimental*



## 1.2 Materiales

a) Material biológico	b) Material vegetal	c) Insumos	d) Equipos y herramientas
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Semillas miceliadas de hongo Ostra (<i>Pleurotus ostreatus</i> Jacq.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Bagazo de caña</li> <li>· Tamo de avena</li> <li>· Maíz duro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Carbonato de calcio</li> <li>· Yeso</li> <li>· Alcohol al 70%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Nebulizadores</li> <li>· Bolsas de polietileno</li> <li>· Cuerdas</li> <li>· Gramera digital</li> <li>· Computadora</li> <li>· Libro de campo</li> <li>· 2 higrómetros</li> <li>· 1 calentadora eléctrica</li> <li>· 2 tanques de gas</li> <li>· 4 tanques metálicos de pasteurización</li> <li>· 4 quemadores industriales</li> </ul>

## 3.3 Métodos

### 3.3.1 Factores en estudio

Factor A: Sustratos

A1: Bagazo de caña

A2: Tamo de avena

Factor B: Porcentaje del contenido de maíz molido como fuente nitrogenada orgánica

B1: 0% (sin fuente de maíz molido)

B2: 5% maíz molido

B3: 10% maíz molido

B4: 20% maíz molido

### 3.3.2 Tratamientos

En la Tabla 4, se describen los tratamientos formulados de sustratos enriquecidos con una fuente nitrogenada y códigos que identifican a cada uno.

**Tabla 4.***Tratamientos del estudio sobre la inclusión de maíz duro en los hongos ostra (peso/peso)*

Tratamiento	Codificación	Resumen
T1	Testigo 1	100% bagazo de caña (sin fuente de maíz molido)
T2	Testigo 2	100% tamo de avena (sin fuente de maíz molido)
T3	BC5	95% bagazo de caña + 5% maíz molido
T4	BC10	90% bagazo de caña + 10% maíz molido
T5	BC20	80% bagazo de caña + 20% maíz molido
T6	TA5	95% tamo de avena + 5% maíz molido
T7	TA10	90% tamo de avena + 10% maíz molido
T8	TA20	80% tamo de avena + 20% maíz molido

**3.3.3 Diseño experimental**

Se empleó un diseño de tratamientos de bloques completos al azar, que cumple las siguientes características.

**3.3.4 Características del experimento**

Tratamientos: 8

Bloques: 3

Unidades experimentales: 24

Cada unidad experimental estuvo conformada por 2 (dos) bolsas, total 48 bolsas de sustrato de 2 kg, como se detalla en la Tabla 5 en la cual se proporciona más especificaciones.

**Tabla 5.***Características de la bolsa que contiene el sustrato de los hongos ostra*

Característica	Medida
Dimensiones de la funda	30 cm x 45 cm
Tipo de funda	Polipropileno de alta densidad
Humedad del sustrato/bolsa	60% al 70%
pH	5.5 – 6.5
Distancia entre unidad experimental	30 cm

**3.3.5 Análisis estadístico**

Se empleó el programa INFOSTAT versión 2020, se realizó un análisis de varianza para cada variable, y la prueba Fisher al 5% para el análisis de comparación de medias de

tratamientos que presentaron diferencias estadísticas significativas, como se observa en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

*Esquema de ADEVA en Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA)*

Fuente de variación	Grados de libertad
Bloques	2
Tratamientos	7
Error	14
Total	23

### 3.3.6 Variables evaluadas

#### 3.3.6.1 Tiempo de corrida del micelio (TCM)

Se determinó el número de días que demoró el hongo en colonizar el 100% del sustrato a partir del día de la siembra (día cero) (Figura 5). Los monitoreos de miceliación y contaminación se realizaron cada 2 días durante toda la fase vegetativa, se llevó un registro en el cuaderno de campo con el respectivo código.

**Figura 5.**

*Invasión micelial en la bolsa de sustrato*



Nota: a) día cero; b) miceliación completada.

#### 3.3.6.2 Días a la formación de primordios (DFP)

Se reportó el número de días que demoró el hongo en formar los primeros cuerpos fructíferos (primordios) a partir del día de siembra (Figura 6). Así mismo se realizó para las consiguientes en el caso de la segunda y tercera oleada, las cuales se formaron respectivamente después de la primera y segunda cosecha del cultivo y se contabilizó los días hasta la segunda y tercera formación de primordios.

**Figura 6***Formación de los cuerpos fructíferos o primordios***3.3.6.3 Días a la cosecha (DC)**

Se tomó en cuenta como día 1 (uno) desde el día que se realizó la siembra y como día de cosecha cuando los cuerpos fructíferos llegaron a la madurez reproductiva. Esta variable fue determinada cuando los bordes del carpóforo se encontraban casi planos (Figura 7). La cosecha se realizó manualmente, empleando la técnica de 2 (dos) movimientos (de arriba hacia abajo y giro) hasta desprender la colonia del sustrato.

**Figura 7.***Hongos ostra en plena madurez reproductiva***3.3.6.4 Rendimiento**

Esta variable es muy importante en la presente investigación, permitió realizar la comparación de los tratamientos empleados; para el efecto, se tomó en cuenta las tres cosechas con sus respectivos tratamientos, para este factor se utilizó una balanza y se procedió al cálculo en gramos y análisis de resultados.

**3.3.6.5 Eficiencia biológica**

El experimento se planteó en un total de 48 bolsas, 2 por cada unidad experimental, por lo que los datos anteriores se utilizaron como primer dato, se debió tener en cuenta los pesos de los sustratos utilizados, los mismos que fueron constantes en todas las pruebas para obtener un dato preciso, se aplicó la fórmula de eficiencia sugerida por Gaitán et al. (2006).

$$100 * \text{Peso (g) de hongos frescos} / \text{Peso (g) de sustrato seco}$$

En donde las variables de peso fueron las obtenidas en cada una de las interacciones.

### **3.3.6.6 Siembra o inoculación**

Se esterilizó el área de siembra, así como las herramientas que fueron utilizadas, tomando en cuenta que el área no debió contener entradas libres, ingresos, o materiales innecesarios que pudieron contaminar el proceso. La colocación de las bolsas de sustrato pasteurizadas se realizó sobre un espacio plano en este caso se utilizó una mesa. Además, se colocó dos mecheros cerca del área de siembra para evitar el ingreso de agentes patógenos a las bolsas con el sustrato ya pasteurizado.

Posteriormente, en las bolsas de sustrato se colocaron las semillas y aditivos en las formulaciones planteadas anteriormente, una vez cerrada la bolsa se identificó con una señal y códigos diseñados para cada caso, de esta manera se pudo llevar un control ordenado de datos.

### **3.3.6.7 Incubación**

En esta fase, las medidas de esterilización fueron las mismas que en el proceso anterior, la condición adicional que se cumplió fue mantener el espacio sin entradas de luz ni de aire externo, de esta manera se disminuyó de forma considerable la posibilidad de que el hongo pueda contaminarse y alterar o dañar todo el proceso.

Se mantuvo controles de temperatura en diferentes momentos del día con la finalidad de programar adecuadamente los calentadores que conservaron el calor promedio que se necesita en esta fase para alcanzar la máxima colonización, se estimó un tiempo de dos a cuatro semanas una vez iniciada la incubación.

### **3.3.6.8 Fructificación**

En este momento del proceso se debió reprogramar las condiciones ambientales del cuerpo de producción, ya que se necesitó más ventilación, luz y humedad, al tener necesidades especiales para la fructificación. De esta manera se adaptó el espacio, de forma que cumplió con las condiciones, considerando el lugar donde se desarrolló esta investigación, para que posea la temperatura ambiental más propicia de este proceso.

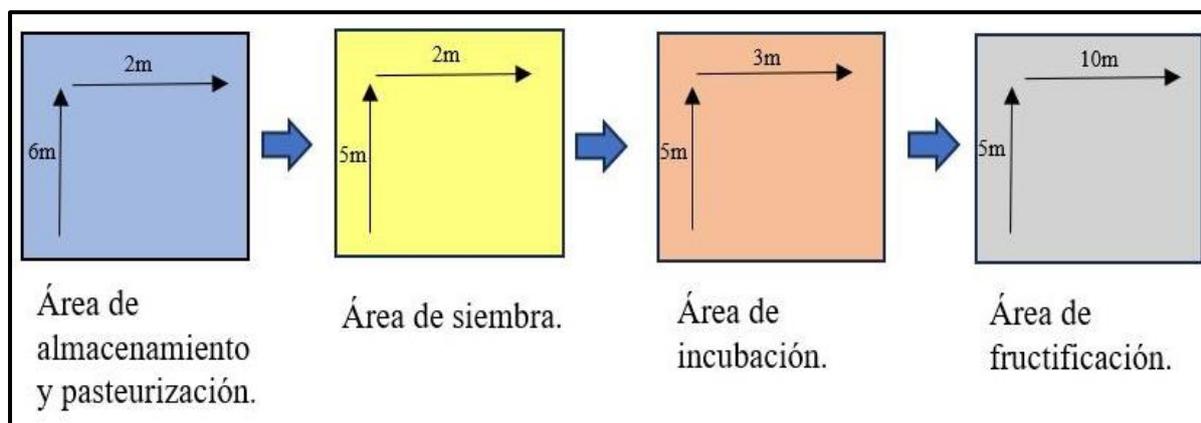
## **3.4 Manejo del experimento**

### **3.4.1 Áreas de producción**

Se requirió de un área para cada una de las fases de producción del hongo (incubación y fructificación), las cuales ya se encontraban disponibles en la granja experimental La Pradera; además, se necesitó contar con un área de almacenamiento de materias primas y un área de pasteurización, como se puede observar en la Figura 8.

**Figura 8.**

Áreas por etapa para la producción de hongos ostra



### 3.4.2 Recolección de materias primas

Las materias primas para utilizadas fueron recolectadas de diferentes explotaciones agrícolas, forestales y agroindustriales de la provincia de Imbabura, entre las más destacadas se registran:

- Bagazo de caña: Este residuo agroindustrial fue recolectado de una pequeña producción de panela ubicada en la parroquia de Salinas de Imbabura, usualmente este residuo es amontonado y quemado sin darle ningún uso.
- Tamo de avena: Esta materia prima fue adquirida de una casa comercial agrícola ubicada en el cantón Cotacachi de la provincia de Imbabura, los propietarios comercializan el tamo en pacas a los que les dan diferentes usos.

Una vez recolectadas las materias primas, se procedió a llevarlas al área de almacenamiento, el cual es un lugar con cubierta y con bastante aireación para protegerlas de las aguas lluvias o el contacto directo con animales.

### 3.4.3 Semilla

Fue adquirida en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, esta empresa se especializa en la producción orgánica de hongos del género *Pleurotus ostreatus*. La semilla fue trabajada bajo cámara de flujo laminar cumpliendo con los estándares más altos de esterilidad y calidad, con cepas ya probadas en la localidad.

### 3.4.4 Preparación de los sustratos

Previo al acondicionamiento del sustrato, se debió picar las materias primas hasta alcanzar un tamaño de 3 a 5 cm. La preparación de los sustratos se la realizó en seco, sobre un plástico limpio donde se trabajó cada tratamiento por separado. Una vez picadas las materias primas, se procedió a poner la cantidad de materia seca que se va a utilizar sobre el plástico, se incorporaron los minerales (cal 1.5% y yeso 1.5%) y el maíz molido (fuente nitrogenada) cubriendo todo el sustrato y posteriormente se procedió a mezclar con la ayuda de una pala, hasta que la mezcla fue homogénea.

Posteriormente, se incorporó una cantidad agua potable en mezcla anterior hasta alcanzar una humedad del 60% al 70%. Esta humedad se determinó realizando la técnica de la prueba de puño, una vez alcanzada la humedad requerida del sustrato, se procedió al embolsado para ser llevados a pasteurización.

#### **3.4.5 Pasteurización**

Se realizó a vapor y consistió en que todas las bolsas ya mezcladas con sus respectivas materias primas durante 5 horas fueron sometidas a una temperatura de 90 a 100 °C, posteriormente se dejaron enfriar las bolsas hasta llegar a 20 °C (temperatura óptima para siembra) para proceder a la siembra (Figura 9). Para la pasteurización se usará tanques metálicos de 200 litros de capacidad donde se hizo una adecuación interna colocando una parrilla en la base del tanque de aproximadamente 20 cm de alto. Dentro de los tanques fueron colocadas las bolsas con los sustratos para ser esterilizados, una vez finalizado el procedimiento térmico y las bolsas con la temperatura adecuada, la cual se determinó con un termómetro, estas se llevaron al área de siembra, la cual se encontraba previamente desinfectada.

#### **Figura 9.**

*Tanques dentro del área de pasteurización*



#### **3.4.6 Siembra o inoculación**

El área de siembra fue un espacio totalmente hermético, donde se esterilizó el ambiente, así como paredes, techo y suelo, fueron desinfectadas con Benomyl, se empleó 200 g/l de agua, se debió realizar una buena desinfección de manos, ropa y zapatos con alcohol al 70% para así lograr una óptima esterilidad y evitar contaminaciones del sustrato; además, se debió desinfectar todos los instrumentos que se van a utilizar y se flamearon con alcohol al 90%.

Una vez abiertas las fundas pasteurizadas, se procedió a la siembra del hongo, donde se colocaron el 5% de semilla con relación al peso húmedo del sustrato, cumpliendo con todo el protocolo de siembra para evitar la contaminación en las bolsas; finalmente, se cerraron las bolsas tratando de sacar la mayor cantidad de aire y se codificaron con la simbología del tratamiento y fecha de siembra, posteriormente pasaron al área de incubación.

### **3.4.7 Incubación**

El área de incubación debió ser un espacio cerrado y esterilizado, además, tuvo oscuridad total, con temperaturas entre los 25 y 30 °C, no tenía entradas de aire para no incrementar la concentración de CO<sub>2</sub> y evitó el ingreso de agentes infecciosos para el hongo.

Después de tener todas las unidades experimentales sembradas, se procedió a transportar las bolsas al área de incubación donde pasaron todo su estadio vegetativo (fase micelial), hasta alcanzar la máxima colonización del sustrato aproximadamente entre 3 y 4 semanas y así poder pasar a la siguiente fase.

Se recomienda un cuidado adecuado con el tema de manipulación y monitoreo, ya que las unidades experimentales pueden contaminarse fácilmente con microorganismos patógenos que se encuentren en el exterior del área de incubación con lo que se finaliza su ciclo de vida, si una bolsa se encuentra contaminada con más del 20% (del sustrato) se la descartará y se colocará en la compostera.

### **3.4.8 Fructificación**

En esta área las condiciones ambientales fueron diferentes a las que se presentan en incubación, el cuarto debió tener aireación, luz difusa (100 a 200 lux) y humedad relativa entre el 80% - 90% y temperaturas de 17 a 20 °C. Una vez finalizada la fase de incubación de cada unidad experimental, se procedió a pasar las bolsas acordes a su finalización micelial al área de fructificación, seguidamente se procedió a realizar 3 cortes superficiales de aproximadamente 5 cm a un lado de cada bolsa para estimular al hongo a formar los cuerpos fructíferos. Las bolsas pasaron hasta finalizar su tercer ciclo productivo, en esta área se programó el sistema de riego, que se activó durante el día, por 4 ocasiones a diferentes horas por un tiempo de 4 minutos cada uno.

### **3.4.9 Cosecha**

La cosecha se realizó de forma manual a las colonias que posean los carpóforos casi planos, se tomó la colonia de setas (desde la base) con ambas manos, se hizo dos movimientos (de arriba hacia abajo) hasta desprenderla de las bolsas con sustrato. Cuando los bordes de los carpóforos se encuentran hacia arriba o se tornan de color marrón, indica que el cuerpo fructífero se sobre maduró, lo que genera un problema en el tiempo de duración postcosecha. Además, después de cada cosecha, se señaló con un marcador permanente una raya por cada cosecha realizada, una vez finalizados los tres ciclos productivos de cada bolsa, se procedió a trasladar el material residual a la compostera.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Tiempo de corrida del micelio (TCM-Incubación)

En la Tabla 7 se muestran los valores del análisis de varianza para la variable TCM, donde se puede evidenciar que existe una interacción para los sustratos respecto la inclusión de maíz ( $p=0.0488$ ), pero las fuentes de variación no muestran diferencias estadísticas de manera independiente, sustrato ( $p=0.1747$ ) y la inclusión de maíz (0.3959).

**Tabla 7.**

*Análisis de varianza para el tiempo de corrida de micelio*

Fuente de variación	numDF	denDF	F-value	p-value
Sustrato	1	38	1.91	0.1747
Porcentaje inclusión maíz	3	38	1.02	0.3959
Sustrato*maíz	3	38	1.21	0.0488

A través de la prueba LSD Fisher al 5%, se identifica que la adición del maíz molido incide en la velocidad de desarrollo del micelio, puesto que los tratamientos que incorporaron 10% y 20% de aditivo de maíz, para el sustrato de avena (T7 y T8) y 20% de aditivo de maíz para el bagazo caña (T5) fueron los más lentos para el desarrollo del micelio, utilizando hasta 33 días para la colonización (Tabla 8).

**Tabla 8.**

*Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para tiempo de corrida de micelio*

Tratamiento	Sustrato	Maíz (%)	Días de invasión micelial
T8	ta	20	33.00 ± 2.25 A
T7	ta	10	31.67 ± 3.64 A
T5	bc	20	30.33 ± 2.35 AB
T2	ta	0	29.00 ± 3.10 AB
T3	bc	5	28.67 ± 3.16 AB
T1	bc	0	26.67 ± 1.74 AB
T6	ta	5	26.33 ± 3.53 AB
T4	bc	10	23.00 ± 2.88 B

El tratamiento con menor tiempo para la invasión del micelio corresponde al bagazo de caña con 10% (T4) de inclusión de maíz con 23 días, representando una diferencia de 10 días con respecto del tratamiento más lento. En tanto que, para el sustrato a base de tamo de avena, el menor tiempo de invasión le corresponde al tratamiento con 5% de inclusión de maíz (T6), que estadísticamente no es diferente para todos los tratamientos de bagazo de caña.

En este sentido, Girmay et al. (2016), informa sobre la utilización de un sustrato a base de tamo de trigo en la producción del hongo ostra, demoró 16 días para la invasión del micelio, siete días más rápido que el mejor tratamiento del presente estudio, lo que infiere que los componentes celulíticos pueden variar incluso al ser de la misma familia vegetal y de esta forma alargar o reducir el desarrollo del micelio en el sustrato.

Ante lo mencionado, Garzón y Cuervo (2008) informan que tratamientos con bagazo de caña sin aditivos nitrogenados o con mezclas de otros residuos ricos en carbono, el tiempo de corrida de micelio tuvo un promedio de 26 días, estos resultados coinciden con los obtenidos en la presente investigación, lo que demuestra que el bagazo de caña sin fuente nitrogenada presenta un tiempo de corrida del micelio de 26 días, pero es necesario indicar que la incorporación de un aditivo nitrogenado orgánico como es el caso del maíz molido en una concentración del 10% de su peso en húmedo, incide en apresurar la invasión micelial reduciendo los días de fase vegetativa, lo que determina a futuro un tiempo de cosecha reducido, beneficiando el sistema productivo pues apresura hasta en tres días la colonización.

Además, Vásquez (2022) reporta que los tratamientos elaborados con bagazo de caña resultan con menor tiempo de corrida de micelio, gracias a la aireación en el interior de la bolsa con sustrato, además este sustrato aporta azúcares que son importantes fuentes de carbono y mejora las condiciones químicas del tratamiento. En este sentido, el citado autor recalca que en sustratos como los tratamientos de tamo de avena no se presenta un óptimo intercambio de aire por la mayor compactación del sustrato, lo cual aumenta los niveles de CO<sub>2</sub>, factor que ralentiza la expansión del micelio, siendo esta la razón del resultado obtenido en el presente estudio, ya que el tratamiento elaborado con tamo de avena sin nitrógeno orgánico registró un tiempo de corrida de 29 días, sin embargo los otros tratamientos de tamo de avena con adición de maíz molido igual o superior al 10% (T7 Y T8) siguen teniendo retrasos de hasta cuatro días en comparación con los tratamientos elaborados a partir de bagazo de caña.

Respecto a la dinámica de crecimiento micelial en cada sustrato utilizado, se puede visualizar que existe diferencias estadísticas, siendo el bagazo de caña el material que propende una colonización del hongo más rápido en el sustrato. Es así que el 50% de contaminación el bagazo de caña lo consigue entre el día 13 y 15 después de la siembra, mientras que en el caso del tamo de avena el porcentaje del 50% se alcanza al día 17, del mismo modo, con la caña de azúcar se homogeniza la invasión desde el día 21 y la curva de crecimiento no varía, mientras que para el caso del rastrojo de avena este fenómeno de estandarización se lo evidencia a partir del día 27.

#### **4.2 Días a la formación de primordios (DFP-Fructificación)**

En la Tabla 9 se presentan los resultados del análisis de varianza para la variable días a la formación de primordios, en donde se determina la interacción entre aparición de primordios, sustrato y maíz no se presentó ( $p=0.9953$ ), pero entre el tipo de sustrato y porcentaje de adición de maíz se evidencia diferencias estadísticas ( $p=0.0086$ ). En lo que respecta a las interacciones entre aparición de primordios con y adición de maíz ( $p=0.9327$ ) y aparición de primordios y tipo de sustrato ( $p=0.8717$ ) no se evidenció diferencias estadísticas. Además, se presenta diferencias estadísticas de forma independiente para las tres fuentes, que son aparición de primordios ( $p=0.0001$ ), tipo de sustrato ( $p=0.0006$ ) y adición maíz ( $p=0.0001$ ).

**Tabla 9.***Análisis de varianza para la variable días a la formación de primordios*

Fuente de variación	numDF	denDF	F-value	p-value
Formación	2	118	179.49	<0.0001
Sustrato	1	118	12.56	0.0006
Maíz	3	118	9.07	<0.0001
Formación*sustrato	2	118	0.14	0.8717
Formación*maíz	6	118	0.31	0.9327
Sustrato*maíz	3	118	4.08	0.0086
Formación*sustrato*maíz	6	118	0.11	0.9953

En la Tabla 10, se puede observar los resultados de la prueba de Fisher ( $\text{Alfa}=0.05\%$ ), en donde se obtienen tres grupos homogéneos, un tratamiento precoz, tres tratamientos tardíos y el resto con valores intermedios para la formación de primordios. En este sentido el tratamiento de bagazo de caña con 10% (T4) de aditivo de maíz es el que forma más rápido los primordios y es el tratamiento que menos tiempo invirtió para esta variable; la diferencia es superior a los 17 días con los tratamientos tardíos, los cuales formaron un solo rango en el análisis y alcanzaron lecturas hasta los 59 días. Los valores intermedios corresponden a cuatro tratamientos que obtuvieron registros que varían entre los 46 y 53 días.

**Tabla 10.***Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para la variable días a la formación de primordios*

Tratamiento	Sustrato	Maíz (%)	Días a la formación de primordios
T8	ta	20	59.17 ± 3.46 A
T5	bc	20	56.33 ± 4.06 A
T7	ta	10	55.11 ± 4.34 A
T2	ta	0	53.28 ± 4.22 AB
T3	bc	5	48.39 ± 4.27 BC
T6	ta	5	47.33 ± 3.93 BCD
T1	bc	0	46.89 ± 4.04 CD
T4	bc	10	41.72 ± 3.98 D

Es necesario resaltar que los tratamientos que más tiempo invirtieron para la aparición de los primordios corresponden a la adición de maíz en 20% para los dos tipos de sustrato (T5 y T8) y al tamo de avena con 10% (T7) del aditivo los cuales comparten un mismo rango, por ende, no presentan diferencias estadísticas. Ante lo mencionado, Michel-Aceves (2015), reporta resultados del tiempo para la aparición de los primordios, en donde aplica un aditivo nitrogenado correspondiente a una pasta de sorgo en tamo de avena y obtiene registros que son más rápidos, hasta en 12 días con los tratamientos de menor tiempo en el presente estudio. Se presume que la adición del aditivo en polvo (molido) es una de las causas para que el hongo ostra haya demorado mayor tiempo en asimilarlo.

Así mismo, Garzón y Cuervo (2008) obtuvieron resultados en donde los tratamientos con menor tiempo para el apareamiento de cuerpos fructíferos corresponde a sustratos que

contienen bagazo de caña sin aditivo nitrogenado, con formación de primordios entre los días 31 y 34, diferentes a los obtenidos en el presente estudio puesto que el testigo de la presente investigación invirtió 46.89 días siendo el segundo mejor registro, en tanto que el mejor desenvolvimiento correspondió al bagazo de caña y 10% de aditivo (T4) con una media de 41.7 días, este registro es 10 días más lento que reportado por el autor mencionado.

### 4.3 Días a la cosecha (DC)

En la Tabla 11, están expuestos los resultados del análisis de varianza para la variable días a la cosecha, en donde se puede determinar que la interacción para las tres fuentes de variación, sustrato, cosecha y maíz no presentaron diferencias estadísticas ( $p=0.9992$ ); del mismo modo para las interacciones entre cosecha – maíz ( $p=0.9256$ ) y sustrato – cosecha ( $p=0.9648$ ) no existe diferencias. El estudio refleja diferencias estadísticas para la interacción sustrato – maíz ( $p=0.0128$ ); además, de forma independiente las variables sustrato ( $p=0.0022$ ), cosecha ( $p<0.0001$ ) y maíz ( $p<0.0001$ ) presentan diferencias estadísticas.

**Tabla 11.**

*Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para días a la cosecha*

Fuente de variación	SC	gl	CM	F	p-valor
Sustrato	885.06	1	885.06	9.77	0.0022
Cosecha	30422.89	2	15211.44	167.84	<0.0001
Maíz	2350.47	3	783.49	8.64	<0.0001
Sustrato*cosecha	6.50	2	3.25	0.04	0.9648
Sustrato*maíz	1020.41	3	340.14	3.75	0.0128
Cosecha*maíz	173.89	6	28.98	0.32	0.9256
Sustrato*cosecha*maíz	31.94	6	5.32	0.06	0.9992

En la Tabla 12, se representan los resultados de la prueba de Fisher ( $Alfa=0.05\%$ ) para la variable de días a la cosecha, en donde tres tratamientos resultaron ser los más rápidos (T4, T6 y T1), con periodos que van entre los 50 y 55 días, diferenciándose de los tratamientos (T2, T7, T5 y T8) hasta por 17 días que resultaron ser los más tardíos. Entre este grupo de tratamientos tardíos hay diferencias de hasta 7 días entre ellos.

**Tabla 12.**

*Análisis de medias para días a la cosecha (LSD Fisher (Alfa=0.05))*

Tratamiento	Sustrato	Maíz (%)	Días a la cosecha
T4	bc	10	50.06 A
T6	ta	5	54.61 AB
T1	bc	0	55.06 ABC
T3	bc	5	56.83 BCD
T2	ta	0	61.22 CDE
T7	ta	10	62.61 DE
T5	bc	20	64.17 E
T8	ta	20	67.50 E

Es importante mencionar que entre los tratamientos tardíos están los dos tipos de sustratos que utilizaron la adición de maíz en las más altas proporciones (T5 y T8 al 20%) y tres de los cuatro tratamientos del sustrato de avena, los cuales comparten un mismo rango estadístico, sin embargo, tres tratamientos a base de bagazo de caña de azúcar obtuvieron un mismo registro estadístico como más precoces.

Para complementar el análisis de esta variable, se ha clasificado la producción en función de los volúmenes obtenidos en tres colectas según sus características comerciales, aclarando que las setas comerciales en las bolsas que contienen los sustratos están mezcladas con setas que no están listas para la cosecha, pero que en un periodo posterior serán cosechadas. En la Tabla 13 se puede observar los rangos estadísticos según las cantidades de acumuladas en tres cosechas, en donde la primera recolección es la de menor volumen, para ir incrementando el volumen en las dos cosechas subsecuentes, presentando diferencias estadísticas, confirmando que se presenta una tendencia a incrementar los volúmenes.

**Tabla 13.**

*Clasificación de la cosecha según el tiempo (LSD Fisher (Alfa=0.05))*

Cosecha	Medias de días a la cosecha	N. bolsas
Primera	41.56	48 A
Segunda	58.31	48 B
Tercera	77.15	48 C

También es necesario informar que las setas iniciaron la producción a partir del día 41, para después de un aproximado de 16 días proceder con la segunda colecta, es decir al día 58 y la tercera cosecha se precedió a los 77 días, esto quiere decir 19 días después desde la segunda cosecha. Al respecto Girmay et al. (2016) reporta que, utilizando tamo de trigo para la producción del hongo, alcanzó la cosecha a los 40 días, resultado que coincide con los obtenidos en la presente investigación, puesto que los primeros registros de cosecha están desde el día 41.

Tarko y Sirna (2018), reportan que los periodos entre la primera y segunda cosecha para el hongo ostra utilizando sustrato de caña de azúcar está en el orden de los 8 días, tiempo que es completamente distinto al obtenido en este ensayo, puesto que el tiempo vario entre 16 y 19 días para primera y segunda cosecha respectivamente; además el mismo autor informa que los días que transcurrieron para iniciar la cosecha fueron 37, periodo que resulta menor por aproximadamente 4 días al obtenido en este estudio.

#### **4.4 Rendimiento**

En la Tabla 14, se observa los resultados para el análisis de varianza de la variable rendimiento, en donde se destaca la interacción para el tipo de sustrato y adición de maíz ( $p=0.0348$ ). Del mismo modo, de las dos fuentes de variación analizadas en esta sección, ninguna de ellas presenta diferencias estadísticas de manera independiente, sustrato (0.1287) y maíz (0.1287).

**Tabla 14.***Análisis de varianza para la variable rendimiento.*

Fuente de variación	numDF	denDF	F-value	p-value
Sustrato	1	38	2.41	0.1287
Maíz	3	38	0.68	0.5707
Sustrato*maíz	3	38	2.19	0.0348

El rendimiento hace énfasis en la suma de las tres cosechas, en la Tabla 15 se observa el resultado para la prueba Fisher (Alfa=0,05), en donde se determina que los tratamientos con los volúmenes más altos en la cosecha corresponden a un mismo segmento que no difiere estadísticamente entre sí, el grupo está conformado por los cuatro tratamientos de tamo de avena y un tratamiento de bagazo de caña (T4, 10% de inclusión), la diferencia de peso en este grupo es de 181.9 g. El mejor tratamiento del estudio en esta variable es el de tamo de avena con 5% de inclusión de maíz, con 684 g de producto.

En tanto que los tratamientos con el peor desempeño para el volumen cosechado corresponden a tres tratamientos a base de caña de azúcar (20%, 0% y 5%), mismos que no se diferencian estadísticamente, la variación de peso en este grupo es de 47.5 gr; el registro más bajo es para bagazo de caña con 5% de inclusión de maíz con 439.67 gr.

**Tabla 15.***Prueba LSD Fisher (Alfa=0.05) para el rendimiento.*

Tratamiento	Sustrato	Maíz	Rendimiento (g/tratamiento)
T6	ta	5	684.00 ± 90.74 A
T4	bc	10	618.00 ± 73.50 AB
T2	ta	0	571.67 ± 38.04 AB
T7	ta	10	538.17 ± 84.85 AB
T8	ta	20	503.50 ± 66.45 AB
T5	bc	20	487.17 ± 64.86 B
T1	bc	0	462.83 ± 33.56 B
T3	bc	5	439.67 ± 52.53 B

En la misma línea de análisis, la inclusión del aditivo nitrogenado a base de maíz no tendría mayor influencia en el rendimiento del hongo ostra puesto los resultados demuestran que cuatro de los tratamientos valorados presentan similitudes estadísticas para los volúmenes cosechados.

Tarko y Sirna (2018), informan que utilizando sustrato a base de caña de azúcar para la producción del hongo ostra obtuvieron un rendimiento de 691 g, que en presente estudio tiene similitud con el mejor registro de cosecha que corresponde al tamo de avena con 5% de inclusión de maíz (T6), pero el sustrato de bagazo de caña sin adición del aditivo obtuvo 462.83 g, evidenciando una diferencia de 228.17 g lo que representa una variación del 33% entre los dos estudios, por lo mencionado se confirma que la inclusión del aditivo nitrogenado no influye directamente en el rendimiento. Se podría atribuir este volumen reducido debido a la mayor

lignificación de las fibras en el bagazo de caña lo que impide la asimilación de nutrientes al hongo ostra.

#### 4.5 Eficiencia biológica

La eficiencia biológica se calcula a través del rendimiento sobre el peso del sustrato en seco y multiplicado por 100. Se encontró efectos significativos de la interacción tipo de sustrato y cantidad de maíz usado sobre la eficiencia biológica ( $f=2.19$ ;  $p=0.0448$ ).

La relevancia de esta variable es que se distingue el mayor volumen de producto obtenido, utilizando la menor cantidad de sustrato, en este sentido se puede inferir que el tamo de avena es el sustrato que tiene efecto más ralentizador para generar descomposición de sus fibras y disponerlas para el desarrollo y crecimiento del hongo ostra, puesto que los cuatro tratamientos de avena obtuvieron el mejor registro y comparten el mismo rango sin diferencias estadísticas entre sí (Tabla 16), la diferencia en este grupo es de 18% y el mejor registro es para el tamo de avena con 5% de inclusión de maíz con eficiencia biológica del 68.4%. Para complementar el análisis es importante informar que los tratamientos que invirtieron más tiempo en las fases de crecimiento, desarrollaron mayor peso y volumen, así lo demuestra los registros de eficiencia biológica.

En tanto que los sustratos a base de caña de azúcar se produjo el fenómeno inverso, puesto que este sustrato propende a una rápida descomposición de las fibras y ejecuta con mayor rapidez el crecimiento de las setas, pero este apresuramiento no permite ganar gran volumen para cosechar, puesto la eficiencia de este sustrato obtuvieron los tres peores registros y comparten un mismo grupo estadístico sin diferencias, con valores que van desde el 48.72% (T5) al 43.97% (T3) con una diferencia de 4.75% entre estas dos cifras.

**Tabla 16.**

*Prueba LSD Fisher (Alfa=0,05) para eficiencia biológica*

Tratamiento	Sustrato	Maíz	% Medias EB
T6	ta	5	68.40 ± 9.07 A
T4	bc	10	61.80 ± 7.35 AB
T2	ta	0	57.17 ± 3.80AB
T7	ta	10	53.82 ± 8.48 AB
T8	ta	20	50.35 ± 6.64 AB
T5	bc	20	48.72 ± 6.49 B
T1	bc	0	46.28 ± 3.35 B
T3	bc	5	43.97 ± 5.25 B

Romero (2022) informa que utilizando tamo de avena para la producción de hongos ostra, sin utilizar aditivo obtuvo una eficiencia biológica de 77.63% siendo 20 puntos superior a los registros alcanzados en este estudio por el tratamiento de la misma gramínea sin aditivo, en tanto que el mejor registro en esta variable es inferior por 9 puntos. Con esta misma lógica Michel-Aceves, A. (2015) reporta resultados de eficiencia biológica de la producción de *Pleurotus ostreatus* utilizando paja de avena sin aditivo obtiene 73.1 %, pero utilizando una fuente nitrogenada a base de pasta de sorgo alcanza hasta un 107%. Estos resultados dan cuenta

que la utilización del maíz tuvo una influencia mínima para esta variable, puesto que el mejor registro de esta investigación está en 64.8%, 42.2 puntos por debajo del dato citado. Esta circunstancia se podría atribuir a la disponibilidad del nitrógeno desde el grano molido de maíz.

#### 4.6 Resultados económicos

En la sección se considera el análisis de los resultados económicos, para lo cual, en la Tabla 17 se observa el costo de producción por cada tratamiento, además de la producción obtenida en el experimento. También se calculan los ingresos, utilizando un precio de mercado en el momento de la fase de campo de 12 USD/kg, reportado en la tienda digital Intiwasi (2023), y para finalizar se observa el índice de beneficio-costo.

**Tabla 17.**

*Análisis económico por cada tratamiento en la producción de hongos ostra*

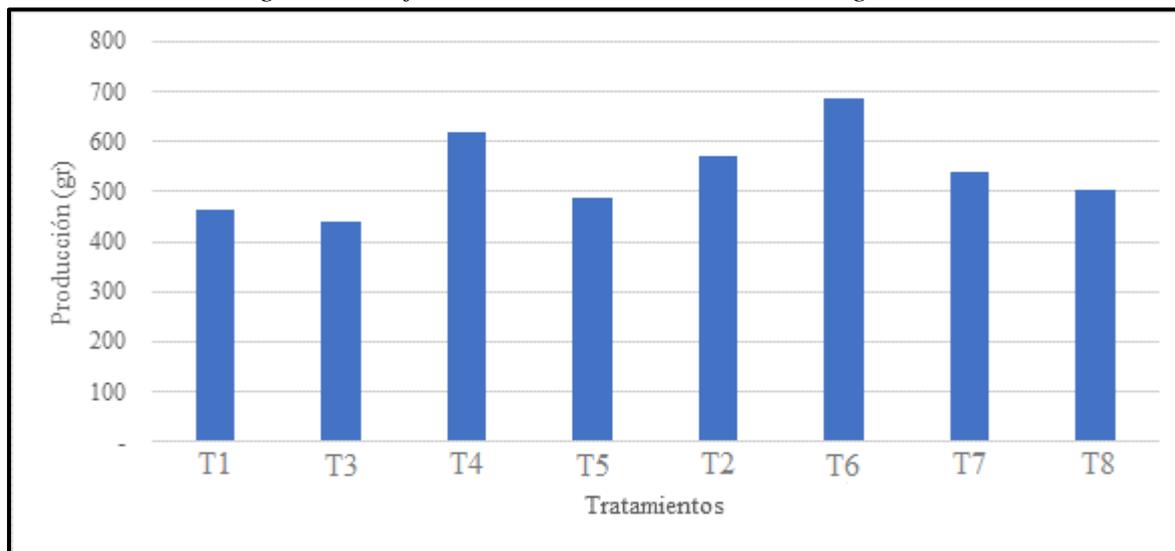
RUBRO	TRATAMIENTO							
	T1	T3	T4	T5	T2	T6	T7	T8
Costos (USD)	6.21	6.41	6.61	7.01	6.21	6.41	6.61	7.01
Producción (kg)	0.46	0.44	0.62	0.49	0.57	0.68	0.54	0.50
Precio (USD/kg/tratamiento)	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
Ingresos (USD/tratamiento)	5.52	5.28	7.44	5.88	6.84	8.16	6.48	6.00
B/C	0.89	0.82	<b>1.13</b>	0.84	<b>1.10</b>	<b>1.27</b>	0.98	0.86

Nota: BC bagazo de caña, TA tamo de avena.

El costo de producción varía entre los tratamientos desde los 13.71 a 14.51 USD/tratamiento esto representa una diferencia de 0.80 USD, esta diferenciación en las cifras registradas se produce por el rubro que se incurre al incorporar el maíz molido en cada tratamiento como aditivo nitrogenado. Con respecto de la producción (Figura 10), entre el tratamiento más productivo y el que obtuvo el menor volumen existe una diferencia de 244.3 g, este valor significa una dinámica del 36%, lo cual se podría considerar que la incorporación del maíz molido en diferentes porcentajes influye en cierto grado las cantidades cosechadas en el experimento. El tratamiento más productivo es para el sustrato con tamo de avena con adición del 5% de maíz molido (T6, 684 g), el segundo le corresponde al bagazo de caña de azúcar con 10 % de aditivo (T4, 618 g).

**Figura 10.**

*Producción del hongo ostra bajo distintos niveles de aditivo nitrogenado*



En la Figura 11, se interrelacionan el costo de producción según los ingresos obtenidos por la producción del hongo ostra, además se observa el índice beneficio-costo. Es importante analizar la dinámica de estos tres resultados económicos, primero determinar que los costos resultaron ser homogéneos y su variación es mínima pues no supera los 7.01 USD y el valor más bajo es 6.21 USD, el cambio se produce por la adición del maíz molido como aditivo nitrogenado, por lo tanto los testigos en ambos sustratos estudiados, son los de menor costo y los de mayor corresponde a los que tienen mayor contenido del aditivo, que corresponde al 20% de maíz molido.

Cuando se analizan los datos de los ingresos, estos se relacionan directamente con los valores obtenidos en la producción, por lo tanto es importante informar que la variación está entre los 8.16 USD que es el rubro más alto y 5.28 USD el más bajo, esto representa 35% de cambio. Por lo mencionado es importante destacar que se presentaron dos tratamientos que destacan con mayores ingresos estos corresponden al tratamiento del sustrato de tamo de avena con el aditivo al 5% (8.16 USD) y después se ubica el bagazo de caña de azúcar con un porcentaje de adición del 10% (7.44 USD).

De estos dos últimos valores solo el más elevado (tamo de avena con 5% maíz) tiene un registro de beneficio-costo (1.27) que genera un resultado con beneficios que superarían los costos, puesto que su resultado supera la unidad y su aplicación resultaría en un ejercicio económico rentable; además, dos tratamientos adicionales alcanzan a superar la unidad en la medición de este índice, estos son tamo de avena sin aditivo (T2) con 1.10 y bagazo de caña con 10% de aditivo (T4) con 1.13, pero sus valores son muy cercanos al punto de equilibrio, lo que no garantizaría fehacientemente beneficios que superen los costos de producción. El

resto de tratamientos sus resultados de beneficio/costo indican que económicamente no son viables.

**Figura 11.**

*Beneficio-Costo, ingresos y costo de producción del hongo ostra bajo distintos niveles de aditivo nitrogenado*



Romero (2022), reporta que la relación beneficio costo en la producción de hongo de ostra utilizando tamo de avena sin aditivo nitrogenado obtiene valores que están entre 2.15 y 2.54 en sus tres taratamientos con el rastrojo de esta gramínea, registros que son muy distintos a los obtenidos en la presente investigación, puesto que el valor más alto para este estudio es de 1.27, que corresponde al tamo de avena con el 5% (T6). Esta comparación demuestra baja influencia del aditivo nitrogenado en la generación de resultados financieros.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- La inclusión de aditivo nitrogenado influye en la producción de hongos tipo ostra (*Pleurotus ostreatus* Jacq.), ya que los tratamientos más productivos fueron aquellos en que se adicionó 5% de maíz duro al tamo de avena y 10% al bagazo de caña; el efecto positivo del aditivo permitió el desarrollo más rápido del hongo en todas las fases fenológicas en el sustrato de caña, mientras que, en el tamo de avena se obtuvo mayores rendimientos superiores a los 503 g por bolsa de sustrato.
- Con respecto del tiempo de desarrollo del hongo ostra con la utilización de los dos sustratos, es necesario destacar que, en la fase de incubación y fructificación, el bagazo de caña de azúcar fue el más eficiente, puesto que en la fase de corrida del micelio fue hasta 10 días más rápido. Para lograr una colonización completa del hongo en las fundas del sustrato, en este sentido tres de los cuatro tratamientos de este sustrato fueron los que tuvieron mejor desenvolvimiento en este periodo, mismos que incluye a los siguientes tratamientos 5%, 0% y 10% de inclusión de maíz. En la fase de formación de primordios, el bagazo de caña también fue el sustrato con mejor desempeño, ya que el tratamiento que incluye 10% del aditivo se diferenció de todos los tratamientos, siendo más rápido hasta por 18 días en comparación con los tratamientos de tamo de avena.
- En lo referente a los días a la cosecha, el bagazo de caña con 10% de inclusión de maíz fue el sustrato con mejor formación de cuerpos fructíferos, alcanzando esta etapa a los 50 días, siendo hasta 17 días más rápido que los tratamientos con tamo de avena con 10 y 20% de inclusión de maíz, a pesar de que estos tratamientos fueron lentos en las fases de desarrollo, los rendimientos registrados por el tamo avena son superiores hasta con 35%, con respecto al bagazo de caña, siendo el más productivo el tratamiento con 5% de inclusión de maíz alcanzando 684 g siendo superior hasta por 244 g al tratamiento con el valor más bajo que corresponde al bagazo de caña con 5% de aditivo que obtuvo 439.6 g.
- La eficiencia biológica tuvo relación directa con la producción, puesto que el tamo de avena con 5% de inclusión de maíz presentó hasta un 68% más de eficiente y rendimiento, a comparación del bagazo de caña con 5% de inclusión de maíz que obtuvo un 24% menos de eficiencia, siendo el registro más bajo de los tratamientos en estudio.
- En el aspecto económico, solo dos tratamientos son viables, siendo el tamo de avena con aditivo nitrogenado del 5% y el tratamiento con sustrato de bagazo de caña con incorporación del maíz del 10%, los que permiten obtener una relación beneficio costo alca de 1.27 y 13 respectivamente.

## 5.2 Recomendaciones

- Es necesario ampliar investigaciones en torno a la producción de hongos ostras (*Pleurotus ostreatus* Jacq.) con otras fuentes nitrogenada que sirva como aditivo para ampliar las opciones de la producción del hongo ostra y aprovechamiento de subproductos de la industria agropecuaria, forestal y agroindustrial. Además, sería interesante comprobar un sustrato mezclado entre tamo de avena para aprovechar su capacidad de concentrar mayor biomasa y bagazo de caña de azúcar que apresura las fases fenológicas del hongo ostra.
- Ampliar los estudios de mercado para la venta y producción de hongos ostra como alternativa para pequeños productores y fomentar la seguridad alimentaria de grupos vulnerables o de escasos recursos.

## REFERENCIAS

- Albertó, E. (2008). *Cultivo intensivo de los hongos comestibles: como cultivar champiñones, gírgolas, shiitake y otras especies* (1ed). Hemisferio Sur.
- Alexopoulos, C. J., y Mims, C. W. (1985). *Introducción a la micología*. Omega. <https://bit.ly/3r5mFPg>
- Ardón, C. E. (2007). *La producción de los hongos comestibles* [Trabajo de maestría, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio Biblioteca Central USAC. <https://bit.ly/3ADHBzY>
- Ballaminut, N., & Matheus, D. R. (2007). Characterization of fungal inoculum used in soil bioremediation. *Brazilian Journal of Microbiology*, 38(2), 248-252. <https://doi.org/df3crw>
- Barbado, J. L. (2003). *Hongos comestibles* (1ed). Editorial Albatros. <http://bitly.ws/Kg6w>
- Bermúdez, R., Donoso, C., Martínez, C., Ramos, I., y Morris, H. (2002). Efecto de la luz en la concentración de micosteroides de *Pleurotus ostreatus* var. Florida. *Rev. cub. aliment. nutr.*, 16(1), 13-18. <https://bit.ly/3AIp3yx>
- Bermúdez, R., y García, N. (2019). Valor agregado del sustrato remanente obtenido en cultivo de seta comestible - medicinal *Pleurotus ostreatus*. *Tecnología Química*, 39(3), 564-579. <https://bit.ly/3uantnO>
- Caiza, E. (2019). Los hongos se habren paso en la gastronomía ecuatoriana. Recuperado de (elcomercio.com) [02/03/2023]
- Cardona, L. (2001). Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, 16(1) 99-115.
- Chang, S., & Miles, P. (2004). *Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effects and enviromental impact* (2ed). CRC Press. <https://bit.ly/3o7TskU>
- Constitución de la República de Ecuador [Const.]. Artículo 3, Artículo 13. Registro Oficial 449 de 20 de Octubre del 2008 (Ecuador). <http://bitly.ws/zab3>
- A.J., Cai Y.J. y Chang, S. T. (1993). *Fungal-and substrate-associated factors affecting the ability of individual mushroom species to utilize different lignocellulosic growth substrates. Mushroom biology and mushroom products* (1ed). The Chinese University Press.
- Cho, S. (2005). Parte I Hongos, Capítulo 1 Introducción a los hongos. *Manual del cultivador de hongos*. Mushworld. <https://bit.ly/3Gb8oEQ>
- Colavolpe, M. B., Mejía, S. J., & Albertó, E. (2014). Efficiency of treatments for controlling *Trichoderma* spp during spawning in cultivation of lignicolous mushrooms. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45(4), 1263-1270.

- Dewraj, T. (2005). Parte II Hongos ostra, Capítulo 5 Sustrato de bagazo de caña de azúcar. *Manual del cultivador de hongos*. Mushroomworld. <https://bit.ly/3Gb8oEQ>
- Díaz, K., Casanova, M., León, C., Gil, L., Bardales, C., y Cabos, J. (2019). Producción de *Pleurotus ostreatus* (Pleurotaceae) ICFC 153/99 cultivado sobre diferentes residuos lignocelulósicos. *Arnaldoa*, 26(03). <https://bit.ly/3g8Ohg0>
- Donoso, C. (1999). *Influencia de la luz en la composición lipídica y proteica del Pleurotus ostreatus var. Florida* [Trabajo de maestría, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. ESPOCH
- Elsayed, E. A., El Enshasy, H., Wadaan, M. A., & Aziz, R. (2014). Mushrooms: a potential natural source of anti-inflammatory compounds for medical applications. *Mediators of inflammation*, 2014(1), 1-15. <https://doi.org/10.1155/2014/805841>
- Enriquez, F., Joaquín, E., Zaldivar, P., y Xicale, B. (2012). *Hongos Seta (Pleurotus ostreatus): producción y comercialización*. Editora Geotech. <https://bit.ly/3ujxGye>
- Fernández, F., Ruilova, M. y Hernández, A. (2014). Programa para el diseño de mezclas de residuos agrícolas para el cultivo del hongo *Pleurotus ostreatus*. *Tecnología Química*, 34(2), 158-169. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852014000200005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852014000200005)
- Flores, A., y Contreras, M. (2017). *Manual de cultivo de hongo seta (Pleurotus ostreatus) de forma artesanal*. UNAM. <https://bit.ly/3o9zGFJ>
- Freire, H., y Vásquez, W. (2015). *Propuesta de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción y comercialización de champiñones en la ciudad de Cuenca* [Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Repositorio UPS Sede Cuenca. <https://bit.ly/3reejVI>
- Fuster Valls, N. (2007). *Importancia del control higiénico de las superficies alimentarias mediante técnicas rápidas y tradicionales para evitar y/o minimizar las contaminaciones cruzadas* [Trabajo de doctorado, Universidad Autónoma de Barcelona]. Facultad de Veterinaria de Barcelona. <https://bit.ly/3AFBYBr>
- Gaitán, R., Salmones, D., Pérez, R., y Mata, G. (2006). *Manual práctico del cultivo de setas: aislamiento, siembra y producción*. Instituto de Ecología A.C. <https://bit.ly/3HiDH1Z>
- Galeon Alcon, M. V. (2014). *Establecimiento del hongo comestible (Agaricus sp.) bajo condiciones de laboratorio para su multiplicación en diferentes medios de cultivo* [Trabajo de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio UMSA. <https://bit.ly/3IO7BeN>
- Garzón Gómez, J. P., & Cuervo Andrade, J. L. (2008). Producción de *Pleurotus ostreatus* sobre residuos sólidos lignocelulósicos de diferente procedencia. *NOVA*, Vol 6, 131 - 139. <http://bitly.ws/QbbZ>

- Gil, L., y Pinzon, K. (2012). Influencia de la adición de una fuente de nitrógeno en la producción de ligninasas. *Biología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 10(1175), 173-181. <https://bit.ly/3gaMBm8>
- Gil, S. V. Grümberg, B., Conforto, C., Rovea, A., Boxler, M., March, G., Luna, C., Meriles, J. y Vargas, S. (2010). La glomalina, una glicoproteína producida por hongos micorrícicos, y su relación con la productividad del cultivo de maíz. *Informaciones Agronómicas*, 31(47), 23-25. <https://bit.ly/3KX930a>
- Girmay, Z., Gorems, W., Birhanu, G., & Zewdie, S. (2016). Growth and yield performance of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. Fr.) Kumm (oyster mushroom) on different substrates. *Amb Express*, 6, 1-7.
- González, S. A., Paillán, H. y Cisternas, C. (2001). *Evaluación de sustratos para el cultivo de Morchella esculenta (L.: Fr.) Pers.* Universidad de Talca. <https://bit.ly/3rajDt7>
- Guzmán, G. (1989). *Contribución al cultivo de microalgas unicelulares, sobre sustratos residuales, para aprovechamiento inicial de su biomasa como suplemento proteico.* Universidad de Murcia
- Guzmán, G. (1993). *El Cultivo de los Hongos Comestibles, con especial atención a especies tropicales y residuos agroindustriales.* Instituto Politécnico Nacional.
- Guzmán, G. (1975). Hongos mexicanos (macromicetos) en los herbarios del extranjero, *Soc. Mex. Mic.*, 3(9), 85-102.
- Guzmán, G. (1977). *Identificación de los hongos: comestibles, venenosos, alucinantes y destructores de la madera.* Limusa.
- Heredia, R., y Palomo, Á. (2019). Producción comercial del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*) empaque de cartón en la molina. *GINHBE-Universidad Nacional Agraria La Molina*, 1(1), 1-9. <https://bit.ly/3u96iTN>
- Intiwasi (01 de agosto del 2023). *Hongos comestibles.* Intiwasi Productos Naturales. <http://bitly.ws/QSxs>
- Iwuagwu, M. O., Nwaukwa, D. S., & Nwaru, C. E. (2020). Use of Different Agro-wastes in the Cultivation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) Kummer. *Journal of Bioresource Management*, 7(2), 4.
- Kang, S. (2005). Parte II Hongos Ostra, Capítulo 3 Introducción al Hongo Ostra, Qué es el hongo ostra. *Manual del cultivador de hongos.* Mushworld. <https://bit.ly/3Gb8oEQ>
- Kües, U., & Liu, Y. (2000) Fruiting body production in basidiomycetes. *Appl Microbiol Biotechnol* 54(1), 141–152. <https://doi.org/10.1007/s002530000396>
- López, C., y Hernández, R. (2008). Evaluación del crecimiento y producción de *Pleurotus ostreatus* sobre diferentes residuos agroindustriales del

- departamento de Cundinamarca. *Universitas scientiarum*, 13(02), 128-137. <https://bit.ly/35ptAu6>
- Martínez, A. I. (2009). Análisis de rentabilidad de un sistema de producción de Hongo Seta bajo condiciones de invernadero, en el Municipio de Amozoc de Mota en el Estado de Puebla. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 25(1), 34-44. <https://bit.ly/3s54LLI>
- Mata, G., Gaitán, D., y Salmones, D. (2020). *El cultivo del shiitake: tecnología e innovación en la producción de un alimento y medicina ancestral*. Instituto de Ecología. <https://bit.ly/3rcMkpm>
- Mesa, C., Rodríguez, V., Romero, M., Semprúm, G., y León, G. (2000). Exudados gomosos de Acacia glomerosa y Enterolobium cyclocarpum: sustrato para el cultivo de hongos. *Kasmera*, 28(3), 149-161. <https://bit.ly/3s6HpVU>
- Michel, A., Ariza, R., Otero, M. y Barrios, A. (2015). Productos químicos y biológicos como suplementos que incrementan la producción de hongo ostra. *Interciencia*, 40(8), 542-548. <https://bit.ly/3vBqGNT>
- Miles, P. G., & Chang, S. T. (1997). *Mushroom biology, concise basics and current developments*. World Scientific. <https://doi.org/10.1142/3296>
- Michel-Aceves, A. C., Ariza-Flores, R., Otero-Sánchez, M. A., y Barrios-Ayala, A. (2015). PRODUCTOS QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS COMO SUPLEMENTOS QUE INCREMENTAN LA PRODUCCIÓN DEL HONGO OSTRA: *Pleurotus ostreatus*. *Interciencia*, 40(8), 542.
- Molina, A. M. G., Cardona, N. V., Alzate, S. R., D'León, J. G. S., y Holguín, E. S. (2005). Evaluación de algunos residuos orgánicos como sustrato para el cultivo de hongos comestibles. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(2), 15-20.
- Naciones Unidas (2018), *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe* (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago. Buswell. <http://bitly.ws/yQ78>
- Nevárez, D. (2012). *Aprovechamiento de residuos agroforestales para el cultivo de hongos comestibles (Pleurotus sp.)* [Trabajo de grado, Instituto Politécnico Nacional de México]. Repositorio CIIDIR DURANGO. <https://bit.ly/3uhb55w>
- OECD (Organization for Economic Co-operation and Development). 2005. Consensus Document on the Biology of *Pleurotus* spp. (Oyster Mushroom). *Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology*, 17(34), 1-30. <https://bit.ly/3rcTycP>
- Ortiz, M. L. (2010). Macrofungi in the Rural Zone of Villavicencio. *Orinoquia*, 14(2), 125-132.

- Pérez Vázquez, A., Leyva Trinidad, D. A., y Gómez Merino, F. C. (2018). Desafíos y propuestas para lograr la seguridad alimentaria hacia el año 2050. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(1), 175-189.
- Plana, L., Castañeda, R., González, N., Fernández, M., Sosa, A., Marrero, I., y Fernández, R. (2006). Principales contaminantes que afectan el cultivo de hongos comestibles en el Inifat. *Inifat*, 30(1), 66-71.
- Pineda, J., Ramos, L., y Soto, C. (2014). Producción de *Pleurotus ostreatus* por fermentación en estado sólido: una revisión ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. *ICIDCA*, 48(2), 13-23. <https://bit.ly/3tQwsJA>
- Poppe, J. (2005). Parte II Hongos Ostra, Capítulo 5 Sustrato, Residuos Agrícolas como sustratos para el hongo ostra. *Manual del cultivador de hongos*. Mushworld. <https://bit.ly/3Gb8oEQ>
- Quizhpilema, L. (2013). *Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles Pleurotus ostreatus utilizando sustratos orgánicos* [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio ESPOCH. <https://bit.ly/3gc04KE>
- Ramón, P. A., y Ramón, D. A. (2012). *Análisis de la capacidad degradativa de residuos lignocelulósicos utilizando el hongo Pleurotus ostreatus var. Florida* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Repositorio UPS Sede Cuenca. <https://bit.ly/3Gacg99>
- Raven, P. H., & Johnson, G. B. (2002). Plant reproduction. *Biology* (6ed). McGraw-Hill.
- Ríos, M., Hoyos, J., y Mosquera, S. (2010). Evaluación de los parámetros productivos de la semilla de *Pleurotus ostreatus* propagada en diferentes medios de cultivo. *Rev.Bio.Agro.*, 8(2), 86-94. <https://bit.ly/3s6pwqm>
- Rodríguez, E. J. O., Insuasti, J. P., Trujillo, A. S. D., Andrés, G., Castro, P., Arroyave, C. P. S., y Soto, C. A. P. (2018). La producción de hongos comestibles frente a la crisis alimentaria del Ecuador. *Revista Biorrefinería* Vol, 1(1).
- Rodríguez, N., y Jaramillo, C. (2005). *Cultivo de hongos medicinales en residuos agrícolas de la zona cafetera*. FNC - Cenicafé. <https://bit.ly/3uduDie>
- Rodríguez, P. A., y Silva, S. A (2007). Impacto de los productos biológicos sobre el número de bacterias y hongos edáficos y la productividad del pimiento en la agricultura urbana. *Ciencia en su PC*, 1(1), 16-30. <https://bit.ly/34iNRRB>
- Romero, J. W. (2022) Evaluación de la producción del hongo ostra (*Pleurotus ostreatus*), con diferentes sustratos en un ambiente controlado en el Centro Experimental Cota Cota. Universidad Mayor de San Andrés (Thesis dissertation).
- Rosas, J., y Herrera, J. (2003). *Estudio preliminar de la producción de enzimas ligninolíticas por lo hongos Phanerochaete chrysosporium, Trametes versicolor, Pleurotus ostreatus*

*para el tratamiento de efluentes de industria papelera*. Pontificia Universidad Javeriana.

- Ruilova, M. B., y Hernández, A. (2014). Evaluación de residuos agrícolas para la producción del hongo *Pleurotus ostreatus*. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 48(1),54-59. <https://bit.ly/3u9f2cx>
- Salcedo, J., Vargas, S., Torres , L., y Serna, J. (2018). Evaluación del efecto de la concentración de sustrato como fuente de nitrógeno y el inóculo en la producción de *pleurotus ostreatus*. *UGCiencia*, 23(1), 10-16. <https://bit.ly/3IVMGGZ>
- Sánchez, J., y Mata, G. (2012). Hongos comestibles y medicinales en Iberoamérica: investigación y desarrollo en un entorno multicultural. *Rev. Mex. Mic*, 38(1), 35-36. <https://bit.ly/3udLc6A>
- Sánchez, J., y Royse, D. (2017). *La biología, el cultivo y las propiedades nutricionales y medicinales de las setas* (1ed). ECOSUR. <https://bit.ly/3rc1c7n>
- Samsudin, N. I., & Abdullah, N. (2013). A preliminary survey on the occurrence of mycotoxigenic fungi and mycotoxins contaminating red rice at consumer level in Selangor, Malaysia. *Mycotoxin research*, 29(2), 89–96. <https://doi.org/10.1007/s12550-012-0154-7>
- Schisler, L. C., & Sinden, J. W. (1966). Nutrient supplementation of mushroom compost at casing: vegetable oils. *Canadian Journal of Botany*, 44(8), 1063-1069. <https://doi.org/10.1139/b66-113>
- Sharma, V. P., & Kumar, S. (2011). Spawn production technology. *Mushrooms Cultivation, Marketing and Consumption* (pp. 35-42). Directorate of Mushroom Research (ICAR), 35-42. <https://bit.ly/3Gb6rs5>
- Sinden, J. W. (1971). Ecological control of pathogens and weed-molds in mushroom culture. *Annual Review of Phytopathology*, 9(1), 411-432. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.09.090171.002211>
- Smita, P., 2011. Agricultural wastes as substrate for spawn production and their effect on shiitake mushroom cultivation. *International Journal of Science and Nature*, 2(4),733-736. <https://bit.ly/3rdaM9Q>
- Soto, C., y Arias, A. (2004). *El Cultivo de las setas (Pleurotus spp.): Tecnología de producción de alimentos*. Ediciones Cuellar.
- Stamets, P. (1993). *Growing gourmet and medicinal fungi* (3ed). Ten Speed Press. <https://bit.ly/34hxqoG>
- Stamets, P. E. (2000). Techniques for the cultivation of the medicinal mushroom royal sun *Agaricus-Agaricus blazei* Murr. (Agaricomycetidae). *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2(2), 1-10. <https://bit.ly/3ocbLp1>

- Tan, H., y Cao, L. (2014). Fungal diversity in sheep (*Ovis aries*) and cattle (*Bos taurus*) feces assessed by comparison of 18S, 28S and ITS ribosomal regions. *Annals of microbiology*, 64(3), 1423-1427. <https://bit.ly/3ueCyVG>
- Tapia, A. (2019). *Tecnologías aplicadas a la Industrialización de hongo seta (Pleurotus ostreatus)* [Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México]. *Repositorio Institucional UAEM*. <https://bit.ly/3o83Dpu>
- Tarko, D. B., & Sirna, A. M. (2018). Substrate optimization for cultivation of *Pleurotus ostreatus* on lignocellulosic wastes (coffee, sawdust, and sugarcane bagasse) in Mizan–Tepi University, Tepi Campus, Tepi Town. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 6(4), 14-20.
- Urrutia, B. (2019). *Tolerancia de pleurotus ostreatus a diferentes concentraciones de plomo* [Tesis de grado, Universidad Técnica Federico Santa María]. *Repositorio USM*. <https://bit.ly/3GikvA2>
- Varnero, M. T., Quiroz, M. S., y Álvarez, C. H. (2010). Utilización de residuos forestales lignocelulósicos para producción del hongo Ostra (*Pleurotus ostreatus*). *Información tecnológica*, 21(2), 13-20. <https://bit.ly/3gbb5Me>
- Vásquez, D. (2021). *Producción de hongos gourmet (Pleurotus Ostreatus Jacq.) mediante el aprovechamiento de residuos lignocelulósicos* [Tesis de grado, Universidad Técnica Del Norte]. *Repositorio UTN*. <http://bitly.ws/Kg9a>
- Viziteu, G. (2005). Parte II Hongos ostra, Capítulo 5 Sustrato de paja de cereal y mazorca o marlos de maíz. *Manual del cultivador de hongos*. Mushworld. <https://bit.ly/3Gb8oEQ>
- WSFS (World Summit on Food Security). 2009. Alimentar al mundo, erradicar el hambre. Cumbre sobre la Seguridad alimentaria. *FAO*. 21 p.
- Yamanaka K (2011) Mushroom cultivation in Japan. *World Society Mushroom Biology and Mushroom Products Bulletin*, 4(1),1-10. <https://bit.ly/3Hb1BfM>
- Zadrazil, F. (1974). The ecology and industrial production of *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus florida*, *pleurotus cornucopiae* and *Pleurotus eringii*. *Mush. Sci.*, 1(9) 621-652.



INSUMOS	Adaptación de los pasteurizadores	1	Adapta dor	5.00	5.00	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	
	Carbonato de calcio	1	kg	0.15	0.15	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
	Yeso	1	kg	0.15	0.15	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
	Fundas	1	paquet e	2.50	2.50	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	
	Ligas	1	paquet e	1.00	1.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	
	Sacos	15	unidad	0.11	1.65	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	
	Piola	1	rollo	1.00	1.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	
	Desinfectante	1	lt	10	10.00	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	
	<b>SUBTOTAL</b>						<b>2.68</b>							
	<b>Materias Primas</b>													
	Bagazo de caña de azúcar	1	kg	0.15		2.4	2.28	2.16	1.92					
	Tamo de avena	1	kg	0.15						2.4	2.28	2.16	1.92	
	Maíz molido	1	kg	0.40		-	0.32	0.64	1.28	-	0.32	0.64	1.28	
<b>SUBTOTAL</b>						<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.2</b>	<b>2.4</b>	<b>2.6</b>	<b>2.8</b>	<b>3.2</b>	
<b>COSTO TOTAL</b>														
						6.21	6.41	6.61	7.01	6.21	6.41	6.61	7.01	
						0.78	0.80	0.83	0.88	0.78	0.80	0.83	0.88	

		<b>BC_0</b>	<b>BC_5</b>	<b>BC_1 0</b>	<b>BC_2 0</b>	<b>TA_0</b>	<b>TA_5</b>	<b>TA_1 0</b>	<b>TA_2 0</b>
<b>PRODUCCIÓN</b>	kg	0.46	0.44	0.62	0.49	0.57	0.68	0.54	0.50
<b>PRECIO</b>	USD	12	12	12	12	12	12	12	12
<b>INGRESOS</b>	USD	5.52	5.28	7.44	5.88	6.84	8.16	6.48	6.00
<b>B/C</b>		0.89	0.82	1.13	0.84	1.10	1.27	0.98	0.86